

Aus dem Institut für Veterinär-Biochemie der Tierärztlichen Fakultät der
Freien Universität Berlin

(Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Drepper)

RATTENVERSUCHE MIT HALBSYNTHETISCHEN SONDERDIÄTEN
UNTERSCHIEDLICHER PROTEINQUANTITÄT UND -QUALITÄT
Ein Beitrag zur Ernährung der Laboratoriumstiere

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde

der

Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin

von

Harbert Udes

Tierarzt aus Borger (Holland)

Berlin 1969

Journal-Nr. 655

Druck:
ERNST-REUTER-GESELLSCHAFT
der Förderer und Freunde der Freien Universität Berlin e.V.
DISSERTATIONS-DRUCKSTELLE
1 Berlin 33, Garystr. 45

Aus dem Institut für Veterinär-Biochemie der Tierärztlichen Fakultät der
Freien Universität Berlin

(Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Drepper)

RATTENVERSUCHE MIT HALBSYNTHETISCHEN SONDERDIÄTEN
UNTERSCHIEDLICHER PROTEINQUANTITÄT UND -QUALITÄT
Ein Beitrag zur Ernährung der Laboratoriumstiere

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde

der

Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin

von

Harbert Udes

Tierarzt aus Borger (Holland)

Berlin 1969

Journal-Nr. 655

Gedruckt mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. K. Bronsch
Referent: Prof. Dr. Dr. K. Drepper
Korreferent: Prof. Dr. K. Bronsch



Tag der mündlichen Prüfung: 12.2.1969

A.	EINLEITUNG	1
B.	LITERATUR	3
I.	Einfluß der Proteinquantität	3
	a. Optimale Proteinkonzentration im Futter von Ratten	3
	b. Proteinüberernährung	6
	c. Proteinunterernährung	11
II.	Proteinqualität	13
	a. Aminosäurenbedarf	13
	b. Methodik der Aminosäurenbedarfsbestimmung	15
C.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	21
I.	Methodischer Teil	21
	a. Verteilung der Mischkomponenten	21
	b. Bestimmung des Körper-N bei Ratten	21
	c. Aminosäureanalysen	22
	d. Tiermaterial	22
	e. Stallklima	23
II.	Vorversuch	23
	a. Versuchsanordnung	24
	b. Versuchskriterien	24
	c. Versuchsdät	24
	d. Ergebnisse des Vorversuchs	26

	<u>Seite</u>
III. Hauptversuche	29
a. Erster Hauptversuch	29
b. Zweiter Hauptversuch	33
c. Dritter Hauptversuch	41
d. Vierter Hauptversuch	47
e. Fünfter Hauptversuch	51
f. Sechster Hauptversuch	58
D. DISKUSSION	66
a. Proteinquantität	66
b. Proteinqualität	68
c. Aminosäurenbedarfsbestimmung	72
E. ZUSAMMENFASSUNG	77
F. LITERATURVERZEICHNIS	80

A. EINLEITUNG

Die Nachfrage nach Sonderdiäten für Laboratoriumstiere für Forschungen in den verschiedensten Disziplinen scheint ständig anzuwachsen. Im Zuge der Standardisierung der Umweltfaktoren in der Versuchstierkunde wird die Verwendung von in ihrer Zusammensetzung reproduzierbaren Sonderdiäten für verschiedenste Versuchszwecke unabdingbar.

Im Rahmen der am Institut für Veterinär-Biochemie der Freien Universität Berlin durchgeführten Untersuchungen über die Ernährung der Laboratoriumstiere soll die vorliegende Arbeit ein Beitrag sein, dem Experimentator einige halbsynthetische Diäten für bestimmte Zwecke in die Hand zu geben.

Primär sollte die Frage behandelt werden, wie ein unterschiedlicher Proteingehalt im Futtermittel auf den tierischen Organismus wirkt. Das interessante Problem, ob eine den Bedarf überschreitende Zufuhr von Protein schädlich ist, sollte ausführlich besprochen werden.

Weiter wurde mir im Rahmen dieser Arbeit übertragen, eine halbsynthetische Diät, die dem sogenannten Baukastenprinzip entspricht, und deren Stickstoffkomponenten ausschließlich aus reinen Aminosäuren bestehen, zu prüfen. Es sollte die Möglichkeit gegeben sein, durch Konzentrationsänderung oder durch Eliminierung einzelner Komponenten Mangelsymptome hervorzurufen und zu beschreiben.

Die bisherige Methodik der Bedarfsbestimmung für einzelne Aminosäuren sollte eingehend diskutiert werden.

B. LITERATUR

1. Einfluß der Proteinquantität

a. Optimale Proteinkonzentration im Futter von Ratten

Bei Untersuchungen über den optimalen Proteinanteil im Futter muß vorausgesetzt werden, daß die Bedarfsdeckung aller anderen essentiellen Nahrungsinhaltsstoffe gegeben ist. Weiter muß bei der Prüfung des optimalen Proteinanteils für eine bestimmte Leistung (Wachstum, Haltung, Gravidität oder Laktation) die Aminosäurenzusammensetzung des Nahrungsproteins dem Bedarfsmuster entsprechen.

1. Wachstum

Nach Mc.COLLUM und Mitarb. (1930) mußten mindestens 9 % biologisch hochwertiges Protein im Futter von wachsenden Ratten enthalten sein. SLONAKER (1931) fand optimales Wachstum, wenn die Proteinkonzentration 14 bis 18 % im Futter betrug.

Untersuchungen von MACOMBER (1933), HAMILTON (1939), KAO, CONNER und SHERMANN (1947) und Mc.COY (1947) berichten, daß der optimale Proteinanteil zwischen 15 und 25 % zu suchen ist.

Wahrscheinlich bedingt durch die Verschiedenartigkeit der verwendeten Rationskomponenten, Umweltbedingungen u.a. weisen die angegebenen Konzentrationen erhebliche Differenzen auf, sie sind nur unter erheblichen Vorbehalten

vergleichbar.

Der Proteinbedarf für das Wachstum scheint mit zunehmendem Alter abzunehmen: HARTSOOK et al. (1956) bestimmten mittels Körperanalysen, daß die optimalen Proteinkonzentrationen im Futter bei wachsenden Ratten in einem Alter von 30 Tagen 28 % (57 mg Protein/kcal) und in einem Alter von 50 Tagen 10 % (20 mg Protein/kcal) betrug. Diese Befunde sind in Übereinstimmung mit Analysen in der Rattenmilch (LUCKEY et al., 1954). Ob allerdings die Zusammensetzung und die Konzentration des Milchproteins als optimal für neugeborene und wachsende Jungtiere anzusehen sind (NRC, 1963, DREPPER und UDES, 1968) erscheint fraglich.

Nach eigenen Ergebnissen (vgl. unten) dürften 12 % qualitativ hochwertiges Protein für das Wachstum nach dem Absetzen ausreichen.

2. Haltung

Ein Haltungsfutter sollte eine Proteinkonzentration enthalten, die gerade ausreicht, um den Organismus im Stickstoffgleichgewicht zu halten (NÖCKER und SCHULZ, 1966).

In praktischen Fütterungsversuchen hat sich ergeben, daß 7 % Protein in der Diät für die Haltung bei Ratten ausreichen dürften (NRC, 1962). Dieser Wert ist in Übereinstimmung mit Angaben von BRICKER und MITCHELL (1947).

3. Gravidität und Laktation

Bei Verwendung einer "guten" Proteinqualität gibt RUSSELL (1948) für die Gravidität und Laktation optimale Proteinkonzentrationen von 17 bis 22 % an. NELSON und EVANS (1961) ermittelten 24 % Rohprotein (Casein) im Futter als optimal für hohe Laktationsleistungen. NRC (1962) gibt 20 % Rohprotein für die Gravidität und Laktation bei 5 % Fett in der Diät an.

RICHARDSON et al. (1964) verabreichten mit dem Futter 18, 25, 30 und 35 % hochwertiges Protein an Ratten. Die besten, annähernd gleich guten Ergebnisse ergaben sich bei 18 % und 25 % Protein. Mit 30 % und 35 % Protein im Futter waren die Zuchtergebnisse schlechter.

MUELLER und COX (1946) gaben an, daß Anteile über 30 % Casein in der Diät zu einer Verminderung der Milchmenge bei Ratten führten. WEIHE (1965) hatte ausgezeichnete Zuchtergebnisse bei Ratten mit 22 % Rohprotein in der Diät.

Es kann angenommen werden, daß für höchste Leistungen, wie sie bei der permanent monogamen Paarung mit gleichzeitiger Gravidität und Laktation gefordert werden, etwa 20 bis 30 % eines dem Bedarfsmuster entsprechenden Proteins im Futter als optimale Konzentration angenommen werden können.

b. Proteinüberernährung

Die Frage, ob die Zufuhr von über den Bedarf hinausgehenden Mengen biologisch hochwertigen Proteins schädigende Einflüsse auf den Organismus ausübt, läßt sich nach Literaturangaben nicht eindeutig beantworten.

1. Beeinflussung von Futteraufnahme und Wachstum

READER und DRUMMOND (1925) berichteten außer über eine Nierenhypertrophie auch über ein Zurückbleiben im Wachstum bei Ratten, die 45 bis 90 % Protein im Futter erhielten. Von HAOGLAND und SNIDER (1939) wurde bei Verabreichung einer Diät mit 94 % Casein gegenüber einer Diät mit 20 % Casein eine Verzehrsdepression von 50 % beobachtet.

SIEDLER et al. (1962) stellten Wachstumsversuche bei Ratten an, die 20, 50 bzw. 80 % der Gesamtenergie des Futters in Form von Casein erhielten. Bei der Tiergruppe mit 80 % der Gesamtenergie des Futters in Form von Casein wurde im Vergleich zu den anderen Gruppen ein Verzehrsrückgang von ca. 12 % festgestellt. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit umfangreichen Untersuchungen von SCHARRER (1965). Er stellte fest, daß der Futterverzehr erwachsener Ratten mit steigendem Proteingehalt abnahm. Der Verzehr wurde durch Verbesserung der Schmackhaftigkeit kaum beeinflusst.

FENTON und CARR (1951) konnten das Wachstum proteinreich ernährter Mäuse durch Zusatz von 3 % Natriumbi-

carbonat zum Futter erheblich verbessern.

GIAJA und GELINEO (1934) bewiesen, daß eine einseitige Proteinkost die Kälteresistenz von Tieren verschlechtert.

2. Organveränderungen

Der Einfluß proteinreicher Ernährung scheint besonders die Niere, Nebenniere und Leber zu betreffen.

OSBORNE und MENDEL (1921) sowie DRUMMOND (1922) ernährten junge Ratten mit Diäten, die bis zu 95 % aus reinem Protein bestanden. Es wurde nach der Sektion der Tiere lediglich eine Vergrößerung beider Nieren vorgefunden.

Eine Proteinüberernährung hat nach WITT (1956) bei Rindern keine nachteilige Folgen.

SCHILLING und RÖSTEL (1964) fanden bei Rindern nach drei- bis fünfjähriger Verfütterung von Proteingaben, die den Bedarf um etwa 1000 g je Tag überschritten, keine Stoffwechselstörungen. Das Lebergewicht der betreffenden Tiere lag aber um 12,3 % höher als bei den Kontrolltieren, die Nieren zeigten eine erhebliche Vergrößerung. Es bestand kein Anhalt für pathologische Veränderungen. Zellkernmessungen in der Zona glomerulosa und in der Zona fasciculata der Nebennieren ergaben höhere Werte als bei den Kontrolltieren. Dieses Ergebnis spricht für eine erhöhte Aktivität des Nebennierenrindengewebes (SCHILLING, 1964).

SCHARRER (1965) berichtete über eine Nierenhypertrophie und Tubulonephrose bei extrem proteinreich gefütterten Ratten.

Proteinreiche Ernährung scheint sich auf die Glykogenbildung nachteilig auszuwirken: Nach proteinreicher Fütterung enthielten die Rattenlebern erheblich weniger Glykogen als Lebern von Kontrolltieren (KOCHAKIAN et al., 1948, CLARK et al., 1960, STOEWESAND und SCOTT, 1964). Nach HALAC jr. (1961) ist bei proteinreicher Fütterung von Ratten auch das Gewicht der Milz und der Testes vergrößert.

Nach kritischen Betrachtungen von LANG (zit. aus HOCK, 1966) ergaben sich bei einer Steigerung des Proteinanteils über 50 % im Futter Hinweise auf Nierenstörungen. Histologisch konnten Hämorrhagien und Degenerationszeichen an den Tubuli und als Ausdruck einer Funktionsstörung eine Zunahme des Rest-N gefunden werden. Wurde die Proteinzufuhr auf 80 bis 90 % des Futters erhöht, so wurden gelegentlich Wachstumsverzögerungen und Resistenzminderungen gegenüber Sauerstoffmangel und Kälte beobachtet. Mit Recht weist LANG darauf hin, daß diese Rattenversuche einer eingehenden Nachprüfung bedürfen. Bei den geschilderten Versuchen wurden Einflüsse anderer Nahrungsfaktoren nicht mit Sicherheit ausgeschlossen.

3. Veränderungen der Blut- und Harnzusammensetzung

Proteinreiche Ernährung führt zu einer Verdoppelung des Rest-N (OSBORNE und MENDEL, 1927, WANG et al.,

1930). Der Blutzuckerspiegel ist dagegen erheblich niedriger: BLOCK und COX (1959) berichteten bei Protein-Überernährung über Nüchternwerte um 80 mg Glukose/100 ml Blut, bei den Kontrolltieren um 115 mg Glukose/100 ml Blut.

Aus den Untersuchungen von SCHARRER (1965) geht hervor, daß der Plasmaamino-säuren-N-Spiegel spätestens eine Stunde nach der proteinreichen Mahlzeit bei Ratten den Maximalwert erreicht, der während der vier- bis sechsständigen Beobachtungszeit aufrechterhalten blieb. Im Vergleich zur Kontrollgruppe nahm die Harnstoffausscheidung um das 6-Fache, die Ammoniakausscheidung um das 5-Fache und die Allantoinausscheidung um das 1,7-Fache zu.

Nach neueren Arbeiten von SCHARRER et al. (1967) mit proteinreicher Ernährung unterliegt der Aminosäuretransport im Darmepithel des Säugers adaptiven Veränderungen. Sie wiesen nach, daß die Maximalkonzentrationen aller oral zugeführten Aminosäuren nach Verabreichung einer Hochproteindiät (73,5 % Protein) im Pfortaderblut früher erreicht wurden als bei der Vergleichsgruppe mit 11 % Protein.

Dieser Befund spricht für eine schnellere Aminosäurenresorption bei Hochproteinernährung, die ihrerseits zu einem geringeren Futtermittelverzehr führt (SCHARRER, 1965). Es wird somit die Hypothese von ALMQUIST (1947) und (1954) bestätigt, nach der eine Akkumulierung einzelner oder mehrerer Aminosäuren im Blut zu einer Beeinträchtigung des Verzehrs führen soll.

Über eine eventuelle Änderung der Blutkörperchenzahl und -art durch überhöhte Proteingaben liegen keine Untersuchungen vor.

Nach Angaben von BRONSCH und DREPPER (1958) bestehen theoretisch für eine schädigende Wirkung eines übermäßigen Proteinangebotes folgende Möglichkeiten (zit. nach WIESNER, 1967):

A. Die Nahrungsproteine könnten von den Magen- und Darmfermenten nicht mehr in vollem Umfang aufgespalten werden, wodurch sie zu wesentlichen Teilen der Resorption entzogen würden. Dies hätte neben einer ungenutzten Ausscheidung eine erhebliche Steigerung der Fäulnisprozesse zur Folge, deren Produkte mit meist giftigem Charakter den Organismus belasten.

B. Es wäre eine intermediär entstehende Intoxikation denkbar, bei der auf Grund eines Überhandnehmens des Proteinabbaues oder der nicht schnell genug erfolgenden Ausscheidung resorbierter Aminosäuren die Abbauvorgänge nicht mehr optimal verlaufen.

Auf Grund der genannten Untersuchungen ist es fraglich, ob bei einem langjährigen Angebot von Hochproteindiäten der tierische Organismus noch in der Lage ist, seinen physiologischen Leistungen wie Wachstum, Gravidität und Laktation vollauf zu genügen.

Diese Frage dürfte für die landwirtschaftliche Fütterungspraxis wenig Bedeutung haben, weil die Verhältnisse in den meisten Ländern derart liegen, daß ein ausgesprochener Mangel vor allem an tierischem Protein besteht. Für die Humanmedizin dürfte diese Frage jedoch von

praktischem Interesse sein, da in den hochindustrialisierten Ländern der Proteinanteil in der menschlichen Ernährung von Jahr zu Jahr steigende Tendenz zeigt.

c. Proteinunterernährung

Die Folgen einer quantitativen Proteinunterernährung sind nicht identisch mit Mangelkrankheiten, die durch eine ungenügende Zufuhr einzelner Aminosäuren (qualitative Proteinunterernährung) hervorgerufen werden.

Im Jahre 1920 gelang es KOHMAN erstmals bei Versuchstieren Hungerödeme hervorzurufen. Durch Proteinverarmung des Organismus sinkt der Plasmaproteingehalt und damit der kolloidosmotische Druck. Es entwickelt sich ein Ödem.

Von FOLLIS (1958) wurde eine Verlangsamung der Zellproliferation im Knorpel auf Grund einer Proteinunterernährung beschrieben. Diese Veränderung ist jedoch nicht spezifisch. Sie kommt auch vor, wenn andere essentielle Nahrungskomponenten fehlen oder die Energiezufuhr ungenügend ist (FOLLIS, 1949, FRANDSEN et al., 1954).

Die Herz- und Skelettmuskulatur atrophiert bei Proteinunterernährung. Andere Veränderungen an Muskeln wurden nicht beobachtet (KEYS, 1950).

In den ersten Tagen nach Proteinunterernährung enthalten die Leberzellen mehr Fett als die Leberzellen der Kontrolltiere (KOSTERLITZ, 1947). Von WAINIO et al.

(1953) und KNOX et al. (1956) wurden Konzentrationsveränderungen der Leberenzyme nachgewiesen, der Mineralgehalt in Rattenlebern ist herabgesetzt.

Bei Proteinunterernährung treten Veränderungen an Cornea und Linse auf (SYDENSTRICKER et al., 1947).

Untersuchungen von PINTA (1966) zeigten bei Proteinunterernährung nach 50 Tagen eine Hämoglobinkonzentration in Erythrozyten von 66,1 % gegenüber 84,4 % bei der Kontrollgruppe.

Der Hämoglobingehalt und die Anzahl roter Blutkörperchen sind bei Proteinunterernährung erniedrigt (MADDEN et al., 1945 und SEBRELL et al., 1952). Über die Veränderungen des Differentialblutbildes liegen jedoch keine Untersuchungen vor.

Proteinmangel führt weiter zu einer Verminderung der Resistenz gegen Infektionen durch Verlust der Fähigkeit Immunkörper zu bilden. Apathie, Anämie und Eintreten der sogenannten "prämortalen Stickstoffsteigerung" sind die weiteren Folgen. Schließlich tritt der Tod ein.

Es sei auf die wichtigsten Zusammenfassungen hingewiesen: KNACK et al. (1917), LIPPMANN (1917), JANSEN (1918), SCHITTENHELM (1919), LANG (1937), KÜHNNAU (1946), HEILMEYER (1946), GOUNELLE (1947), KOBAC et al. (1947), MILLER (1948), BANSI (1949), PLATT et al. (1964), HOCK (1966) und WIESNER (1967).

II. Proteinqualität

a. Aminosäurenbedarf

Die Qualität eines Nahrungsproteins wird in Abhängigkeit von der Verdaulichkeit in erster Linie durch den Gehalt an intermediär verfügbaren essentiellen und semiessentiellen Aminosäuren bestimmt, wobei es umso höherwertig ist, je mehr die Relationen der Bausteine untereinander dem Muster des Bedarfs entsprechen (DREPPER, 1967).

Bei einer biologischen Wertigkeit des Nahrungsproteins von 60 % oder mehr kann der Bedarf gedeckt werden, wenn das Protein in ausreichender Menge verabreicht wird (HEGSTED, 1957).

Nach MÖLLGAARD (1955) ist der maximale Proteinansatz eine Funktion des Allgemeinzustandes des Tieres, gekennzeichnet durch sein Alter oder die bereits erreichten Dimensionen oder durch beide Faktoren gleichzeitig.

Im Gegensatz dazu stellt sich der Proteinansatz wachsender Tiere nach MILLER und PAYNE (1963) lediglich als eine Funktion der Aufnahme und Assimilation der Fütterung dar.

KIELANOWSKI (1963) entwickelte aus diesen beiden scheinbar gegensätzlichen Auffassungen folgende Hypothese:

1. Die Periode, in der der Proteinansatz nur durch Er-

nährungsfaktoren begrenzt wird, entspricht dem Stadium, in dem das Wachstum überwiegend durch Zellvermehrung vor sich geht.

2. Der Zeitabschnitt, in dem der Proteinansatz geringer wird, entspricht dem Stadium, in dem das Wachstum hauptsächlich durch Vergrößerung der Zelldimensionen vorangetrieben wird.

Hiermit wird der relativ schnelle Abfall des Aminosäurenbedarfs mit zunehmendem Alter und damit abnehmender Wachstumsintensität erklärt.

Daß sich der Aminosäurenbedarf in der Zeiteinheit während des Wachstums ändert, zeigen folgende Versuchsergebnisse:

Bei Bestimmungen des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren verschiedener Milcharten stellte sich heraus, daß der Aminosäuregehalt sich im Verlauf der Laktationsperiode ändert (BLOCK und BOLLING, 1946, FROST und SANDY, 1949, SARKAR et al., 1949, MILLER et al., 1950, BEACOM et al., 1951). Dies bedeutet, daß dem Jungtier während der Säugeperiode mit zunehmendem Alter unterschiedliche Aminosäurenmuster zur Verfügung stehen.

Weiter ist der Bedarf an schwefelhaltigen Aminosäuren bei erwachsenen Ratten relativ höher als bei wachsenden. Eine Erklärung hierfür könnte darin liegen, daß der Bedarf an diesen Aminosäuren für die Ausbildung der Haare und anderer Keratine bei älteren Ratten größer ist als beim wachsenden Tier (BLOCK und BOLLING, 1945).

LEWIS et al. (1951) beobachteten, daß ältere Küken einen höheren Methioninbedarf gegenüber ihrer Jugendentwicklung haben. Der veränderte Bedarf an Methionin wäre als Folge eines besonders starken Federwuchses erklärlich.

BECKER et al. (1957) stellten bei Untersuchungen über den Isoleucinbedarf bei verschiedenen Proteinkonzentrationen im Futter bei Absatzferkeln fest, daß eine lineare Beziehung zwischen Diätrohproteingehalt und Isoleucinbedarf, ausgedrückt als Prozentsatz des Proteins, besteht (zit. nach HOCK, 1966).

Die in der Literatur angegebenen Bedarfszahlen für Aminosäuren, die zumeist an wachsenden Ratten gewonnen wurden (ROSE et al., 1948, GREENSTEIN et al., 1957, SCHULTZE, 1957, FORBES et al., 1959, HARPER, 1959, RAMA RAO et al., 1959, ADKINS et al., 1966, BOCK et al., 1967 u.a.) weisen zum Teil erhebliche Differenzen auf, die durch die Verschiedenartigkeit der verwendeten Rationskomponenten, Umweltbedingungen und anderes bedingt sein können.

b. Methodik der Aminosäurebedarfsbestimmung

1. Verwendung von natürlichen Proteinen, die arm an einer oder mehreren Aminosäuren sind

RERAT und HENRY (1965) bestimmten den Bedarf an schwefelhaltigen Aminosäuren bei der wachsenden Ratte durch Verwendung von Heringsmehl, das als natürliches Protein einen Methioninmangel aufweist. In mehreren Versuchs-

reihen fanden sie, daß der Bedarf an Methionin und Cystin für optimales Wachstum zwischen 0,49 und 0,54 % bei 12 % Rohprotein in der Diät lag. Als Kriterien galten Wachstumsrate und N-Retention.

Diese Methode zeigt nur einen begrenzten Wert, da mit ihr lediglich der Bedarf einer einzelnen Aminosäure bei Verwendung eines sonst unabänderlichen Aminosäuren-musters bestimmt wird. Dieses Muster ist jedoch in den wenigsten Fällen als optimal anzusehen.

Daß der Aminosäurenbedarf für unterschiedliche Leistungen verschieden hoch ist, sei an folgender Arbeit aufgezeigt: KOYANAGI et al. (1966) bestimmten unter Verwendung von 18 % Casein und Gelatine als Nahrungsprotein einen Tryptophanbedarf von 0,1 bis 0,2 % in der Diät bei der wachsenden Ratte an Hand der Wachstumsrate. Diese Ergebnisse stimmen überein mit den Angaben von ROSE (1937), RAMA RAO et al. (1961), NRC (1962) sowie MIYAZAKI und HAYASAKA (1962).

Die für gute Wachstumsraten ausreichende Konzentration von 0,1 % Tryptophan in der Diät erwies sich jedoch als unzureichend für die Aufrechterhaltung normaler Gammaglobulinspiegel im Blut.

2. Ganztierkörperanalyse und daraus resultierende Bedarfsberechnung

MUNKS und Mitarb. (1945) postulierten, daß die Aminosäuregehalte in Geweben ein Maß für den Aminosäurenbedarf eines Tieres sein könnten. Aus Aminosäurenanaly-

sen von Muskelgeweben in Legehühnern und Eiprotein kamen sie zu der Schlußfolgerung, daß der Aminosäurebedarf für das Wachstum ein anderer sei als der Bedarf für die Produktion von tierischen Erzeugnissen.

MITCHELL (1950) ging bei der Suche nach dem Aminosäurenbedarf wie folgt vor: Er bestimmte im Fütterungsversuch den Bedarf einer einzelnen Aminosäure z.B. Lysin in g/Tag. Dann erhielt er durch Ganztierkörperanalysen das Verhältnis der einzelnen Aminosäuren untereinander und errechnete aus der im Tierkörper analysierten Lysin:Aminosäuren-Relation den entsprechenden Nahrungsbedarf der anderen essentiellen Aminosäuren aus dem ermittelten Lysinbedarf.

WILLIAMS et al. (1954) verglichen die Aminosäurenbedarfszahlen von Ratten, Küken und Schweinen, die sie mit Hilfe von Fütterungsversuchen bestimmt hatten, mit denen, die sie durch Ganztierkörperanalysen erhielten. Es stellte sich heraus, daß die errechneten Werte weitgehend mit den im Tierversuch ermittelten übereinstimmen. Dies steht in Übereinstimmung mit Arbeiten von DUNN et al. (1949).

Das Aminosäurenmuster in den Muskelgeweben der Säugetiere ist annähernd identisch (BLOCK und MITCHELL, 1946), die Aminosäuregehalte im Muskelgewebe von Amphibien, Fischen und Crustaceen zeigen nur geringgradige Abweichungen (BEACH et al., 1943).

3. Verwendung definierter, synthetischer Aminosäuremischungen

Solche Diäten haben grundsätzlich den Vorteil, daß alle Bestandteile genau definiert sind und ihr Einfluß auf den Organismus durch Veränderung der Konzentration geprüft werden kann. Durch Verwendung aller Aminosäuren in der L-Form scheint diese Methode am geeignetsten zu sein, um annähernd befriedigende Resultate zu erhalten.

Aus der Vielzahl der Literaturangaben sollen in diesem Zusammenhang einige neuere Arbeiten diskutiert werden: Daß das Verhältnis der Aminosäuren untereinander und die Relation der essentiellen zu den nichtessentiellen Aminosäuren einen wesentlichen Einfluß auf das Wachstum bei der Ratte haben, zeigen neuere Arbeiten von BRETTE (1965) und von YOUNG und ZAMORA (1968). Letztere fanden bei Verwendung von Aminosäurendiäten eine Wachstumsrate von 7,4 g/Tag bei der Ratte über eine Versuchsperiode von 14 Tagen. Das Verhältnis der essentiellen zu den nichtessentiellen Aminosäuren betrug 1 : 1,9 bei etwa 11 % Rohprotein in der Diät. Bei anderen Relationen wurden niedrigere Wachstumsraten erzielt.

SMITH und JOHNSON (1967) bestimmten unter Verwendung von halbsynthetischen Aminosäurendiäten den minimalen Bedarf an essentiellen Aminosäuren bei adulten Ratten. Aus vier verschiedenen Aminosäurenmustern (BENDITT et al., 1950, HARVEY, 1956, NASSET, 1956 und RAMA RAO et al., 1959) wurde ein neues Muster

für die Haltung von Ratten zusammengestellt, das die jeweils niedrigsten Bedarfsangaben berücksichtigte. Die nichtessentiellen Aminosäuren glichen in ihrem Verhältnis denen des Volleis. Als Hauptkriterium galt die Stickstoffbilanz. Der Rohproteingehalt der Diät betrug bei diesen Versuchen 3,6 %. Es wurde geschlossen, daß die verwendeten minimalen Konzentrationen an essentiellen Aminosäuren für die Haltung bei der Ratte ausreichten. Die Diät enthielt 12 % Fett.

Der minimale, ausreichende Rohproteingehalt von 3,6 %, der von SMITH und JOHNSON (1967) bei Verwendung reiner Aminosäuren gefunden wurde, bestätigt die Angaben von HARTSOOK und MITCHELL (1956), die mit einer Konzentration von 3,2 % Volleiprotein im Futter adulte Ratten im Stickstoffgleichgewicht halten konnten.

Eine weitere Methode der Bedarfsermittlung für essentielle Aminosäuren ist die Prüfung des Verhältnisses zwischen den Aminosäuren im Nahrungsprotein und den Aminosäuren im Plasma.

HARKER et al. (1968) untersuchten die Wirkung von Aminosäurendiäten, in denen bei gleicher Aminosäurenrelation untereinander die Proteinhöhe variiert wurde. Für die Versuche wurden junge wachsende Ratten verwendet. Die Diäten repräsentierten 115 %, 100 %, 85 % und 70 % des Rohproteingehaltes der Diäten von RAMA RAO et al. (1959, 1960, 1961, 1965). Das Muster der nichtessentiellen Aminosäuren entsprach dem des Caseins. Es wurden nach 3, 6, 9 und 12 Stunden Futterentzug die Aminosäurenkonzentrationen im Plasma

bestimmt, wobei sich die besten Vergleichsmöglichkeiten nach sechs Stunden ergaben, da sie am wenigsten von der Absorption oder vom Hunger beeinflusst wurden. Der von McLAUGHLAN und ILLMAN (1967) empfohlene 6-Stundenwert für Vergleichszwecke wurde bei diesen Untersuchungen bestätigt. Die meisten essentiellen Aminosäuren im Plasma hatten niedrigere Konzentrationen, wenn der Rohproteingehalt in der Diät niedriger war, so daß eine lineare Abhängigkeit der Aminosäuren im Plasma vom Gehalt an Aminosäuren in der Nahrung zu bestehen scheint.

Alle Methoden zur Bestimmung des Aminosäurenbedarfs für die verschiedenen Tierarten haben zwar zu praktisch verwertbaren Erfolgen geführt, können aber letztendlich nicht absolut gültige Ergebnisse zeitigen. Inwieweit die Verwendung radioaktiver Isotope in Verbindung mit bisher erprobten oder mit neuen Methoden bei der Bedarfs-ermittlung weiterhelfen kann, soll in der Diskussion besprochen werden.

Eine Übersicht über die Mangelsymptome der einzelnen Aminosäuren finden sich bei NRC (1959), SIDRANSKY, FARBER und BABA (1958, 1960), WIESNER (1967) u.a.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. Methodischer Teil

a. Verteilung der Mischkomponenten

In den Versuchen mit den Sonderdiäten war es notwendig, kleinste Dosierungen in einem Mischverhältnis bis zu 1 : 10 000 000 einzusetzen. Um trotzdem eine ausreichende Homogenität zu erzielen, war es erforderlich, einige Komponenten (Vitamin D₃, Biotin, KJ, Na₂MnO₄, ZnCO₃ und CuSO₄) über ein geeignetes Lösungsmittel im Trägermaterial der Vormischung (Reisstärke) durch Verreiben im Mörser zu verteilen. Die endgültige Vitaminvormischung wurde zusammen mit der Mineralstoffmischung und den anderen Komponenten in einem Lödige-5 l-Mischer 5 min gemischt.

Von einigen Mischungen wurden mehrere Proben entnommen und in ihnen der Vitamin-E-Gehalt bestimmt, um die Homogenität der Mischung zu kontrollieren. Die prozentualen Abweichungen vom errechneten Sollwert lagen in Größenordnungen zwischen 10 und 15 %. Über die Höhe noch tolerierbarer Abweichungen kann von ernährungsphysiologischer Sicht keine Angabe gemacht werden (BRÜGGEMANN und NIESAR, 1959).

b. Bestimmung des Körper-N bei Ratten

Die Körper-N-Analyse bei Ratten erfolgte nach dem Verfahren von RUFEGGER (1964). Die in Chloroformatmosphäre getöteten Ratten wurden innerhalb von 3 Tagen durch

konzentrierte Schwefelsäure vollständig hydrolysiert. Das Hydrolysat wurde anschließend filtriert und ein aliquoter Teil des gut durchmischten Filtrates mit konzentrierter Schwefelsäure (Kupfersulfat als Katalysator) bis zur vollständigen Veraschung (farblos) erhitzt. Die N-Bestimmung erfolgte nach dem Verfahren von PARNAS und WAGNER. Der N-Gehalt des Filtrerrückstandes wurde nach einer vereinfachten Regressionsgleichung errechnet (RUFEGGER, 1964).

c. Aminosäurenanalysen

Die lufttrockene Futtermittelsubstanz wurde in Bombenrohre eingewogen, mit 6n HCl versetzt und im Wechsel mit N_2 begast und evakuiert, um eine Oxydation auszuschießen. Anschließend wurden die Rohre zugeschmolzen und der Hydrolyse für 24 und 72 Stunden bei $110^{\circ}C$ unterworfen. Danach wurde die HCl unter Vakuum entfernt, der Rückstand in Puffer $P_H=2,2$ aufgenommen und die Lösung zur Analyse eingesetzt. Zur Bestimmung des Cysteins wurde je eine Probe mit H_2O_2 -Ameisensäuregemisch der Oxydation unterworfen, mit 6n HCl versetzt und 24 Stunden hydrolysiert. Die Bereitung der Analysenlösung erfolgte wie beschrieben, Cystein wurde als Cysteinsäure bestimmt.

Die Analysen wurden mit dem Aminosäurenanalysator Beckman 120 B durchgeführt.

d. Tiermaterial

Als Versuchstiere wurden junge wachsende Albinoratten

des Sprague-Dawley-Stammes verwendet (Züchter: Firma Reupohl in Lage (Lippe)). Es kamen männliche und weibliche Tiere im Alter von 3 Wochen in die Versuche. Die Einteilung erfolgte so, daß männliche und weibliche Tiere etwa mit dem gleichen Durchschnittsgewicht gleichmäßig auf die Gruppen verteilt wurden. Zur Anpassung des Stoffwechsels wurde eine dem Durchschnitt des Rohproteingehaltes und seiner Qualität der Versuchsgruppen entsprechende Eingewöhnungsdiät über 3 Tage unter Gewichts- und Futterverbrauchskontrolle verabreicht. Die Gewichtskontrolle erfolgte jeweils nach 4 Stunden Nüchternzeit zur gleichen Tageszeit einmal/Woche.

e. Stallklima

Bei einem zehnfachen Luftwechsel/Stunde wurde eine konstante Raumtemperatur von $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ und eine relative Luftfeuchtigkeit von 50 bis 70 % eingehalten. Von 7.00 bis 19.00 Uhr herrschte Helligkeit (Neonlicht), von 19.00 bis 7.00 Uhr Dunkelheit im Stall.

II. Vorversuch

Zur Klärung der Frage, welche Käfige und Futterbehälter für die Versuche am geeignetsten waren, wurde ein Vorversuch durchgeführt. Es wurden Makrolonkäfige vom Typ II (Hersteller: PAG Preßwerk AG, Essen) und Ganzdrahtkäfige der Firma Becker, Castrop-Rauxel, erprobt. Als Einstreu kam Weichholzgranulat der Firma Altromin GmbH, Lage (Lippe), zur Verwendung. Gleichzeitig wurden Futterbehälter mit eins, zwei, drei und vier Freßstellen geprüft, um den jeweiligen Futterverstreuer zu kontrollieren.

a. Versuchsanordnung

Versuchsdauer: 14 Tage, 2 Gruppen a 20 Tiere, Durchschnittsgewicht der Tiere zu Beginn des Versuchs 40,9 g. Unterbringung in Makrolon- und Ganzdrahtkäfigen. Wägungen am 1., 7. und 14. Versuchstag. Futter und Wasserangebot ad libitum.

b. Versuchskriterien

Gewichtszunahmen, Futterverwertung (definiert als Quotient aus Futteraufnahme durch Gewichtszunahme), Protein efficiency ratio (PER) (definiert als Quotient aus Gewichtszunahme durch Rohproteinaufnahme).

c. Versuchsdiät

Es wurde eine halbsynthetische Diät folgender Zusammensetzung verfüttert:

Tabelle 1

Zusammensetzung der für den Vorversuch verwendeten Diät

(Angaben in % lufttrockener Substanz)

Säurecasein ¹⁾ (80 % Rohprotein)	22
Reisstärke DAB 6	64
Sojaöl, raff.	2
Cellulosepulver	4
Mineralstoffmischung ²⁾	6
Vitaminvormischung ³⁾ (auf Reisstärke)	2
	100

1) Da für die Ratte durch Casein der Methioninbedarf nicht voll gedeckt wird, wurden pro 1000 g Diät 1200 mg DL-Methionin zugefügt.

2) Zusammensetzung der Mineralstoffmischung für 1000 g Diät

CaCO_3	14 g	
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	14 g	
K_2HPO_4 (sicc.)	10 g	
NaCl	8 g	
Na_2HPO_4 (sicc.)	7 g	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	5 g	
$\text{Fe-(II)-Gluconat} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		1480 mg
$\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$		450 mg
ZnCO_3		40 mg
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$		20 mg
KJ		0,5 mg
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$		0,5 mg
NaF		10 mg
		60 000 mg

3) Zusammensetzung der Vitaminvormischung für 1 000 g Diät

Vitamin A	15 000 I.E.
Vitamin D ₃	500 I.E.
Vitamin E	150 mg
Vitamin K ₃	10 mg
Vitamin B ₁ · HCl	20 mg
Vitamin B ₂	20 mg
Vitamin B ₆ · HCl	15 mg
Vitamin B ₁₂	20 mcg
Pantothensäure (Ca-Salz)	50 mg
Nikotinsäure	50 mg
Cholinchlorid	1 000 mg
Folsäure	10 mg
Biotin	200 mcg
Inosit	100 mg
p-Aminobenzoesäure	100 mg
Vitamin C	20 mg
Reisstärke bzw.	
Rohrzucker ad	20 000 g

d. Ergebnisse des Vorversuchs

Ziel dieses Versuchs war es, festzustellen, inwieweit die Gewichtszunahmen während der Wachstumsperiode jeweils von Makrolon- und Ganzdrahtkäfigen bei gleichen Versuchsbedingungen beeinflusst werden. Weiter sollte ein geeigneter Futterbehälter für Mehlfutter ermittelt werden, bei dem die Futterverstreue und die Futterverunreinigung am geringsten ist.

Tabelle 2

Rattenwachstumsversuch

(Lebensalter bei Versuchsbeginn 21 Tage, Versuchsdauer 14 Tage, Angaben als Durchschnitt von 10 männlichen und 10 weiblichen Tieren, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden)

Käfige	Makrolon	Ganzdraht
Rohproteingehalt des lufttrockenen Futters %	17,6	17,6
Bruttoenergie kcal/g T.S.	4,5	4,5
tägliche Gewichtszunahme g	3,9	4,1
Futtermittelnutzung = $\frac{\text{Futteraufnahme}}{\text{Gewichtszunahme}}$	2,5	2,3
PER = $\frac{\text{Gewichtszunahme}}{\text{Rohproteinaufnahme}}$	2,28	2,61

Aus der Tabelle 2 ist zu ersehen, daß die Gewichtszunahmen während einer 14-tägigen Wachstumsperiode in den Ganzdrahtkäfigen um 0,2 g/Tier/Tag höher sind als in den Makrolonkäfigen vom Typ II.

WILK (1965) berichtete über erste gute Erfahrungen mit einem Ganzdrahtkäfig in der Ratten- und Mäusehaltung. Nach HEINE (1965) ist bei der Beurteilung von Ganzdrahtkäfigen zu beachten, daß in ihnen das Mikroklima im Gegensatz zu allseitig geschlossenen Käfigen steuerbar sei. Auf Grund der besseren Zuwachsergebnisse, des

Fehlens von Weichholzgrunulat in den Futterbehältern und nicht zuletzt aus arbeitstechnischen Gründen wurden für die nachfolgenden Wachstumsversuche die Ganzdrahtkäfige bevorzugt.

Um die Höhe des Futterverstreus zu prüfen, wurden Futterbehälter mit eins, zwei, drei und vier Freßstellen erprobt. Ein auf dem Futter liegendes Gitter (10 mm Maschenweite) sinkt durch sein eigenes Gewicht mit abnehmender Futtermenge immer tiefer in den Behälter. Eine Erschwerung der Futteraufnahme, wie sie unter diesen Bedingungen für die Tiere möglich erscheint, ist keineswegs von Nachteil, da sie, wie HALL et al. (1958) festgestellt haben, die Aktivität der Tiere fördert.

Da für die Wachstumsversuche Ratten mit einem durchschnittlichen Anfangsgewicht von 40 g eingesetzt wurden, bewährten sich die ein- und zweigeteilten Futterbehälter nicht. Die Tiere lagen die meiste Zeit in den Futterbehältern und verunreinigten das Futter mit Exkrementen. Die viergeteilten Behälter erwiesen sich bei einem Körpergewicht der Tiere von 100 g am Ende des Versuchs als zu eng. Es wurden daher für die Hauptversuche die dreigeteilten Futterbehälter verwendet, da bei ihnen die Futterverstreue gering war und keine Exkremente im Futter enthalten waren.

III. Hauptversuche

a. Erster Hauptversuch

In diesem Versuch wurden halbsynthetische Diäten mit steigendem Rohproteingehalt gleicher Proteinqualität in ihrer Auswirkung auf das Wachstum bei Ratten geprüft. Es interessierte vor allem die Frage, ob ein unterschiedlicher Proteingehalt im Futter unter standardisierten Bedingungen Organveränderungen bewirkt.

1. Versuchsanordnung

Versuchsdauer: 28 Tage, 1 Gruppe a 10 männliche Tiere, 4 Gruppen a 10 männliche und 10 weibliche Tiere. Das Durchschnittsgewicht der männlichen Tiere zu Beginn des Versuchs betrug 51,7 g und der weiblichen Tiere 50,2 g. Die Unterbringung erfolgte in Ganzdrahtkäfigen vom Typ II. Die Wägungen fanden am 1., 7., 14., 21. und 28. Versuchstag statt. Futter- und Wasserangebot erfolgten ad libitum. Es wurden die dreigeteilten Futterbehälter benutzt.

2. Versuchskriterien

Gewichtszunahmen, Futterverwertung (definiert als Quotient aus Futteraufnahme durch Gewichtszunahme), Protein efficiency ratio (PER) (definiert als Quotient aus Gewichtszunahme durch Rohproteinaufnahme), produktiver Proteinwert (PPW) (definiert nach MÜLLER und HÖTZEL (1957) als Quotient aus N-Ansatz durch N-Zufuhr x 100), histopathologische Untersuchung der Diätgruppe I.

3. Versuchsdiäten

Es wurden genau definierte halbsynthetische Diäten folgender Zusammensetzung verfüttert:

Tabelle 3

Zusammensetzung der Diäten
(Angaben in % lufttrockener Substanz)

Diät	I	II	III	IV	V
Säurecasein ¹⁾ (80 % Rohprotein)	-	15	22	30	83
Reisstärke DAB 6	86	71	64	56	-
Sojaöl, raff.	2	2	2	2	2
NaHCO ₃	-	-	-	-	3
Cellulose- pulver	4	4	4	4	4
Mineralstoff- mischung ²⁾	6	6	6	6	6
Vitaminvor- mischung ²⁾ (auf Reisstärke)	2	2	2	2	2
	100	100	100	100	100

1) Aufgewertet mit 1200 mg DL-Methionin pro 1000 g Diät.

2) Die Zusammensetzung der Mineralstoffmischung und Vitaminvormischung sind aus dem Vorversuch zu entnehmen (S. 25 und S. 26).

Bei der Diät V (83 % Casein) wurde der Vitamin-B₆-

Gehalt um 15 mg pro 1 000 g Diät erhöht, um den hier erhöhten Bedarf zu decken. Bei Überhöhter Proteinfütterung läßt sich nach FENTON und CARR (1951) die Gewichtszunahme bei Mäusen durch Zusatz von Natriumbicarbonat zur Diät erheblich verbessern, der Diät V wurden daher 3 % NaHCO_3 zugefügt.

4. Ergebnisse des ersten Hauptversuchs

Tabelle 4

Rattenwachstumsversuch

(Lebensalter bei Versuchsbeginn 21 Tage, Versuchsdauer 28 Tage, Angaben als Durchschnitt von 10 männlichen Tieren, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden)

Gruppe	I	II	III	IV	V
Rohproteingehalt des lufttrockenen Futters (aus Casein) %	1	12,0	17,6	24,0	66,4
Bruttoenergie kcal/g T.S.	-	4,3	4,5	4,5	5,1
tägliche Gewichtszunahme g	-0,5	4,7	5,1	5,7	3,6
tägliche Futteraufnahme g	-	11,6	12,3	12,2	10,2
Futterverwertung = $\frac{\text{Futteraufnahme}}{\text{Gewichtszun.}}$	-	2,4	2,4	2,1	2,8
PER = $\frac{\text{Gewichtszun.}}{\text{Rohproteinaufn.}}$	-	3,38	2,36	1,95	0,53
PPW = $\frac{\text{N-Ansatz}}{\text{N-Zufuhr}} \times 100$	-	59,4	45,6	35,2	10,6

Bei Verfütterung steigender Rohproteingehalte gleicher Proteinqualität in solchen nach dem "Baukastenprinzip" zusammengesetzten Rationen an Ratten waren Gewichtszunahmen, Futterverwertung, PER und PPW am besten bei 24 % Rohprotein mit 2 % Fett in der Diät (Tabelle 4). Das maximale Wachstum wurde bei 24 % Rohprotein mit 5,7 g/Tier/Tag festgestellt. Bei Proteinüberernährung (Diät V) wurde nur eine Gewichtszunahme von 3,6 g/Tier/Tag ermittelt. Hierbei wurden Verdauungsstörungen (Kotschmierer), Polydipsie und Polyurie beobachtet.

Die Proteinunterernährung (Diät I) zeigte rapiden Gewichtsrückgang, bewirkt durch Inappetenz. Bei der histopathologischen Untersuchung*) der Tierkörper der Diätgruppe I wurden Eiweißansammlungen in den Bowman'schen Kapselräumen und in den Tubuli der Nierenrinde nachgewiesen (Dieser Befund ist aber mit Vorsicht zu bewerten, da Gleichartiges auch infolge postmortaler Autolyse auftreten kann.). Außerdem abschnittsweise Verquellung, Faserödem und feinkörniger Zerfall des Sarkoplasmas mit reaktiver Proliferation der Sarkolemmzellen im Myokard. Übereinstimmend wurden hochgradiges vakuoläres Zytoplasma der Leberzellen mit Einzelzellnekrosen, eine Hodenatrophie und ein interstitielles und peribronchiales Ödem in den Lungen gefunden. Der Sektionsbefund lautete: "Allgemeine Anämie und Unterhautödem."

*) Herrn Prof. Dr. Renk, Direktor des Instituts für Veterinär-Pathologie der Freien Universität Berlin, danke ich herzlich für die freundliche Genehmigung zur Wiedergabe des Befundes an dieser Stelle.

Herrn Priv. Doz. Dr. K. Jakob aus dem gleichen Institut schulde ich Dank für seine tatkräftige Unterstützung.

b. Zweiter Hauptversuch

Der Versuch sollte klären, wie ein unterschiedlicher Rohproteingehalt gleicher Proteinqualität sich bei permanent monogamer Paarung auf Fertilität und Aufzucht der Jungtiere bei Ratten auswirkt, und wie die Gewichtszunahmen der Muttertiere sich während der Gravidität und Laktation entwickeln. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, wie die Gewichte der Nieren bei unterschiedlichem Proteingehalt gleicher Proteinqualität beeinflusst werden und ob die zu erwartenden höheren Gewichte der Nieren bei proteinreicher Fütterung lediglich auf einer Arbeitshypertrophie beruhen.

1. Versuchsanordnung

Versuchsdauer 84 Tage, 4 Gruppen a 5 männliche und 5 weibliche Tiere. Das Durchschnittsgewicht der männlichen Tiere zu Beginn des Versuchs betrug 214,0 g und der weiblichen Tiere 175,9 g. Die Unterbringung erfolgte in Makrolonkäfigen vom Typ III. Als Einstreu diente Weichholzgranulat der Firma Altromin GmbH, Lage (Lippe). Die weiblichen Tiere wurden bis zum 1. Wurf jeden Versuchstag und später jeden zweiten Tag gewogen, die männlichen Tiere dagegen einmal wöchentlich. Futter- und Wasserangebot erfolgten ad libitum. Die Tiere wurden im Alter von 60 Tagen zufällig miteinander permanent monogam gepaart.

Nach WEIHE (1965) weisen Tiere dieses Alters die größten Zahlen lebender Junge im 1. Wurf auf. Nach JUNG (1962) kommt es bei der Paarung weniger auf das Lebens-

alter als auf die Entwicklung und körperliche Verfassung der Tiere an. In jedem Fall sollten sie bei der ersten Paarung das Gewicht von 150 g erreicht haben. Die dauernde Anwesenheit des Bockes ist die Voraussetzung dafür, daß die Leistungsfähigkeit des Weibchens voll genutzt wird, d.h. eine Konzeption kann schon nach dem p.p.Oestrus erfolgen (zit. nach HAAKH, 1960).

2. Versuchskriterien

Gewichtszunahmen der weiblichen Elterntiere, durchschnittliche Dauer vom Paarungsbeginn bis zum 1. Wurf bzw. zwischen den Würfen, Anzahl geborener lebender Jungtiere, Anzahl nach 21 Tagen abgesetzter Jungtiere, durchschnittliches 21-Tagegewicht/Tier, Haakh'sche Leistungszahl, Gewichte der Nieren und Milz der Elterntiere nach Geburt des 3. Wurfs, histopathologische Untersuchung der Nieren.

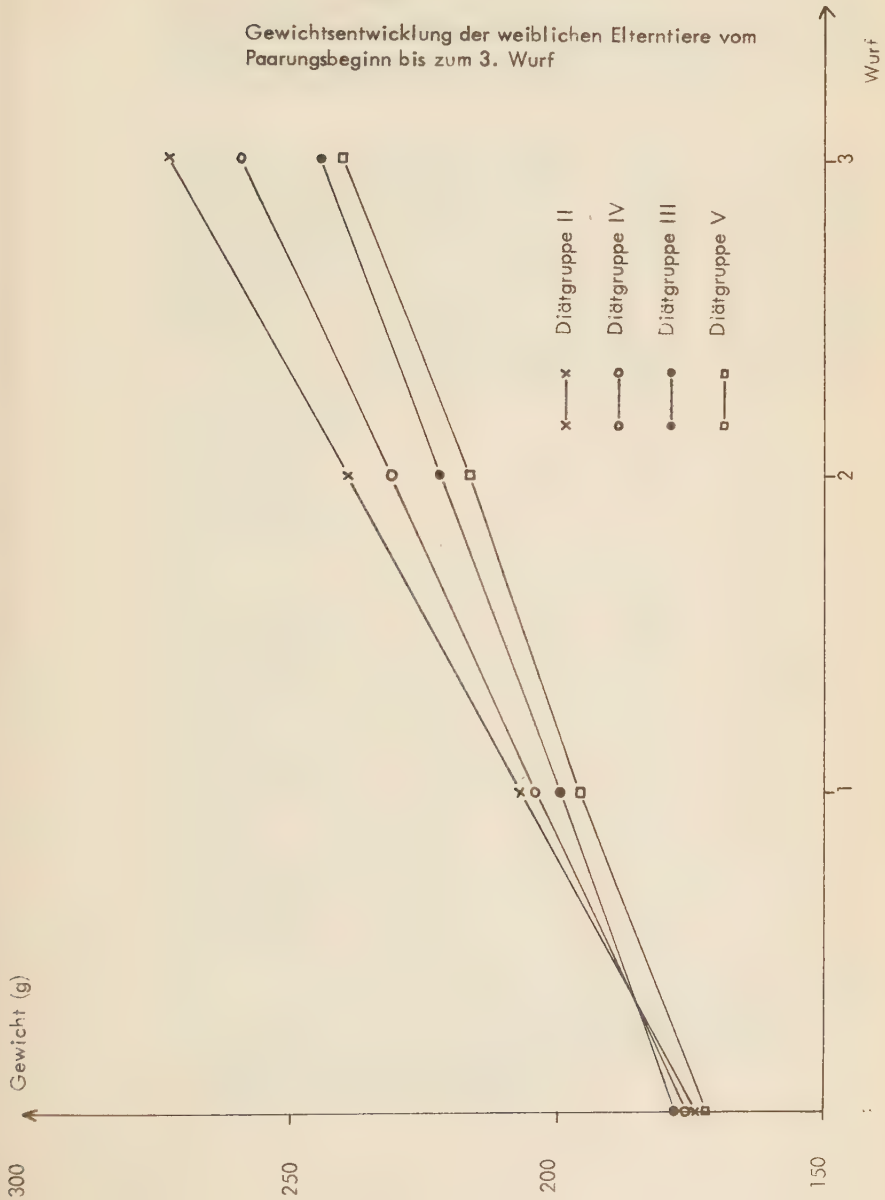
3. Versuchsdiäten

Es wurden die halbsynthetischen Diäten II bis V des ersten Hauptversuchs (Tabelle 3, S. 30) verabreicht.

4. Ergebnisse des zweiten Hauptversuchs

Abbildung 1

Gewichtsentwicklung der weiblichen Elterntiere vom Paarungsbeginn bis zum 3. Wurf



Nach NELSON und EVANS (1947) sollen die Gewichtszunahmen der Muttertiere während der Gravidität und Laktation über die Qualität der Diäten aussagen. In ihren Versuchen betrug die Gewichtszunahme der Mütter während 3 Wochen Laktation im Mittel 20 g.

Die Abbildung 1 zeigt eine durchschnittliche Gewichtszunahme von mehr als 65 g, wobei die Muttertiere der Diätgruppe II die höchste durchschnittliche Gewichtszunahme mit 99,2 g zeigten. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Jungtierversluste bei dieser Gruppe sehr hoch waren (s. Tabelle 5) und dadurch die Muttertiere Gelegenheit hatten, sich zu erholen.

Tabelle 5

Rattenpaarungsversuch

(Lebensalter der männlichen und weiblichen Tiere bei der ersten Paarung 60 Tage. Versuchsdauer 84 Tage. Angaben als Durchschnitt von 5 weiblichen Tieren im Durchschnitt aller 3 Würfe, permanent monogame Paarung, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden.)

Gruppe	II	III	IV	V
Rohproteingehalt des luftgetrockneten Futters (aus Casein) %	12,0	17,6	24,0	66,4
Fruchtbarkeit %	100,0	100,0	100,0	100,0
Durchschnittliche Dauer vom Paarungs- beginn bis zum 1. Wurf bzw. zwischen den Würfen, Tage	25,2	23,7	24,7	27,1
Anzahl geborener lebender Jungtiere	9,0	9,4	10,2	8,7
Anzahl nach 21 Ta- gen abgesetzter Jungtiere	2,1	7,7	9,0	3,4 ¹⁾
Durchschnittliches 21-Tagegewicht/ Tier, g	33,3	40,4	41,1	26,0 ¹⁾
Tagesgewichts- leistung nach Haakh (1960) g	2,2	10,1	11,6	1,7 ¹⁾

- 1) Im ersten Wurf nach 21 Lebenstagen kein überlebendes Jungtier,
Durchschnitt aus 2. und 3. Wurf.

Aus der Tabelle 5 geht hervor, daß die Diätgruppen III und IV befriedigende Resultate aufweisen. Die Fruchtbarkeits- und Aufzuchtsleistungen waren am besten bei 24 % Rohprotein in der Diät. Auch die höchste Wurfzahl mit 15 Jungen im 3. Wurf wurde bei 24 % Rohprotein in der Diät festgestellt.

Bei der permanent monogamen Paarung nimmt man bewußt etwas größere Verluste bei der Aufzucht der Jungtiere in Kauf, kann aber dafür die sonst bei Belegen, Trennen und Einzelsetzen der Tiere sich ergebende Arbeit und Zeit einsparen.

Die Tagesgewichtsleistung nach HAAKH ist Ausdruck mehrerer Einzelleistungen und gestattet hervorragend Vergleiche zwischen der Leistungsfähigkeit verschiedener Futter für die Zucht. Ein Nachteil dieser Leistungszahl ist es, daß der Futterverbrauch nicht berücksichtigt wird.

Die bei den Gruppen II und V (Tabelle 5) festgestellten hohen Jungtierversluste waren bedingt durch zu geringe Milchleistung der Muttertiere, ungenügende Brutpflege und zum Teil Kannibalismus.

Die Maximalgewichte der einzelnen Jungtiere wurden am 21. Tag mit 44,7 g bei der Diätgruppe mit 24 % Rohprotein angetroffen. WEIHE (1965) erreichte bei Versuchen mit einer ausgesprochenen Zuchtdiät ein mittleres Maximalgewicht von 46,4 g.

Tabelle 6

Nierengewichte in % des Körpergewichtes

Gruppe	II	III	IV	V
Rohproteingehalt des lufttrockenen Futters, %	12,0	17,6	24,0	66,4
Männliche Tiere nach 172 Tagen Versuchsdauer	0,56	0,65	0,62	0,90
Weibliche Tiere nach 209 Tagen Versuchsdauer	0,58	0,64	0,73	1,14

In der Tabelle 6 sind die Nierengewichte in % des Körpergewichtes der 4 Versuchsgruppen einander gegenübergestellt. Steigende Rohproteinkonzentrationen im Futter führten zu steigenden Nierengewichten in % des Körpergewichtes. Die Gruppe V zeigte im Durchschnitt beider Geschlechter ein um 0,45 % des Körpergewichtes höheres Nierengewicht als die Gruppe II (Tabelle 6). Das Durchschnittsgewicht der rechten Niere war in allen 4 Gruppen höher als das der linken.

Bei der pathohistologischen Untersuchung*) der Nieren fanden sich neben einer geringgradigen interstitiellen Nephritis bei Proteinüberernährung Anzeichen einer regenerativen Proliferation der Tubulusepithelien, die

*) Für die freundliche Genehmigung zur Wiedergabe des Befundes danke ich Herrn Prof. Dr. Renk, Direktor des Instituts für Veterinär-Pathologie der Freien Universität Berlin, herzlich.

in allen Abschnitten des Nephrons nachweisbar waren und in einzelnen Hauptstücken besonders deutlich hervortraten. Darüber hinaus fanden sich in den Mittelstücken und in den abführenden Harnkanälchen homogene eosinophile Eiweißzylinder, die teilweise Glykoproteidcharakter hatten.

Bei der histologischen Untersuchung der sonst unveränderten Lebern entstand der Eindruck, daß bei der Gruppe V (66,4 % Rohprotein im Futter) die Zellkerne und das Zytoplasma der Leberzellen größer sind als bei der Kontrollgruppe III. Dieser Befund mußte aber durch Messungen noch abgesichert werden.

An den untersuchten Herzen und Lungen fanden sich keine Veränderungen.

Tabelle 7

Milzgewichte in % des Körpergewichtes

Gruppe	II	V
Rohproteingehalt des luftgetrockneten Futters %	12,0	66,4
Weibliche Tiere nach 209 Tagen Versuchsdauer	0,18	0,29

In der Tabelle 7 sind die Milzgewichte in % des Körpergewichtes der Versuchsgruppen II und V einander gegen-

übergestellt. Die Gruppe mit hohem Proteingehalt im Futter zeigte ein um 0,11 % des Körpergewichtes höheres Milzgewicht als die Kontrollgruppe.

Zusammenfassend gestatten die beiden ersten Hauptversuche die Aussage, daß durch Proteinüberernährung bei gleicher Proteinqualität und sonst gleichen Umwelt- und Fütterungsbedingungen folgende Änderungen der Kriterien gegenüber normal ernährten Ratten auftraten: verminderte Nahrungsaufnahme, geringere Gewichtszunahmen, Intestinalstörungen (Kotschmierer), Veränderungen an Niere, Leber und Milz, Polyurie, unterdurchschnittliche Fertilitäts- und Aufzuchtergebnisse.

c. Dritter Hauptversuch

In diesem Versuch sollte geprüft werden, welcher Rohproteingehalt bei gleicher Proteinqualität bei permanent monogamer Paarung für Fertilität und Jungtieraufzucht bei der Ratte als optimal zu betrachten ist. Entsprechend dem zweiten Hauptversuch sollten auch hier die Gewichte der Nieren und Milzen geprüft werden.

1. Versuchsordnung

Versuchsdauer 170 Tage, 6 Gruppen à 5 männliche und 5 weibliche Tiere. Das Durchschnittsgewicht der männlichen Tiere zu Beginn des Versuchs betrug 48,0 g und der weiblichen Tiere 45,2 g. Die Unterbringung erfolgte während der Wachstumsperiode in Ganzdrahtkäfigen vom Typ II und während der Zuchtperiode in Makrolonkäfigen vom Typ III. Als Einstreu diente Weichholzgranulat der

Firma Altromin GmbH, Lage (Lippe). Die Wägungen fanden einmal wöchentlich zur gleichen Tageszeit nach 4 Stunden Nüchternzeit statt. Futter- und Wasserangebot erfolgten ad libitum. Die Tiere wurden im Alter von 60 Tagen zufällig miteinander permanent monogam gepaart.

2. Versuchskriterien

Durchschnittliche Dauer vom Paarungsbeginn bis zum 1. Wurf bzw. zwischen den Würfen, Anzahl geborener lebender Jungtiere, Anzahl nach 21 Tagen abgesetzter Jungtiere, durchschnittliches 21-Tagegewicht je Tier, Haakh'sche Leistungszahl, Gewichte der Nieren und Milz der Elterntiere nach Geburt des 3. Wurfs.

3. Versuchsdiäten

Es wurden halbsynthetische Diäten folgender Zusammensetzung verfüttert:

Tabelle 8

Zusammensetzung der Diäten
(Angaben in % lufttrockener Substanz)

Diät	I	II	III	IV	V	VI
Säurecasein ¹⁾ (80 % Rohprotein)	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5
Reisstärke DAB 6	61,0	58,5	56,0	53,5	51,0	48,5
Sojaöl, raff.	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Cellulose- pulver	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Mineralstoff- mischung ²⁾	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Vitaminvor- mischung ²⁾ (auf Reisstärke)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1) Aufgewertet mit 1 200 mg DL-Methionin pro 1 000 g Diät.

2) Die Mineralstoffmischung und Vitaminvormischung sind aus dem Vorversuch zu entnehmen (S. 25 und S. 26).

4. Ergebnisse des dritten Hauptversuchs

Tabelle 9

Rattenpaarungsversuch

(Lebensalter der männlichen und weiblichen Tiere bei der ersten Paarung 60 Tage, Versuchsdauer 93 Tage, Angaben als Durchschnitt von 5 weiblichen Tieren im Durchschnitt aller 3 Würfe, permanent monogame Paarung, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden.)

Gruppe	I	II	III	IV	V	VI
Rohproteingehalt des luftgetrockneten Futters (aus Casein) %	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0
Fruchtbarkeit	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Durchschnittliche Dauer vom Paarungsbeginn bis zum 1. Wurf bzw. zwischen den Würfen in Tagen	24,1	28,4	23,5	28,1	23,4	24,1
Anzahl geborener lebender Jungtiere	9,1	10,3	9,4	10,7	9,9	8,5
Anzahl nach 21 Tagen abgesetzter Jungtiere	7,3	7,2	8,7	8,0	7,1	6,3
21-Tagegewicht der Jungtiere, g	40,9	41,2	42,0	40,2	39,0	40,2
Tagesgewichtsleistung nach Haakh (1960) g	9,6	8,3	12,1	9,2	9,1	8,1

Die Tabelle 9 zeigt, daß optimale Zuchtergebnisse mit 24 % Rohprotein (Proteinqualität Casein und Methionin) in der Diät zu erzielen sind. Dies steht in Übereinstimmung mit den Arbeiten von NELSON und EVANS (1961). Sie untersuchten den Einfluß der Proteinversorgung (Casein) auf die Laktationsleistung der Ratte und fanden optimale Ergebnisse bei 24 % Protein in der Diät.

Die Tagesgewichtsleistung nach HAAKH (1960) beträgt bei der Diätgruppe III mit einem Gehalt von 24 % Rohprotein im Futter (vgl. Tabelle 9) 12,1 g.

Tabelle 10

<u>Nieren- und Milzgewichte in % des Körpergewichtes</u>						
Gruppe	I	II	III	IV	V	VI
Rohproteingehalt des luft-trockenen Futters (aus Casein) %	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0
Nierengewichte der männlichen Tiere (160 Tage Versuchsdauer)	0,77	0,78	0,78	0,82	0,86	0,85
Nierengewichte der weiblichen Tiere (183 Tage Versuchsdauer)	0,84	0,85	0,86	0,88	0,90	0,90
Milzgewichte der männlichen Tiere (160 Tage Versuchsdauer)	0,18	0,17	0,18	0,17	0,20	0,22
Milzgewichte der weiblichen Tiere (183 Tage Versuchsdauer)	0,20	0,22	0,18	0,14	0,25	0,27

Die Nieren- und Milzgewichte in % des Körpergewichtes der 6 Versuchsgruppen sind in der Tabelle 10 einander gegenübergestellt. Steigende Proteinkonzentrationen im Futter führten zu geringgradig steigenden Nieren- und Milzgewichten. Auffallend sind die höheren Nierengewichte in % des Körpergewichtes bei den weiblichen Tieren (vgl. auch zweiten Hauptversuch).

d. Vierter Hauptversuch

In den vorhergehenden Versuchen wurde geprüft, welche Einflüsse unterschiedliche Proteinquantitäten bei gleicher Proteinqualität in den Diäten auf die Versuchskriterien ausüben. In den folgenden Versuchen soll nunmehr die Auswirkung unterschiedlicher Proteinqualität untersucht werden. Es sollten halbsynthetische Diäten verwendet werden, deren stickstoffhaltige Komponenten ausschließlich aus synthetisch hergestellten Aminosäuren*) bestanden. Als Vergleich diene eine Caseindiät mit 17,6 % Rohprotein. Gleichzeitig sollte untersucht werden, ob durch Erhöhung des Vitamin-B₆-Gehaltes von 30 (wie im ersten Hauptversuch S. 30) auf 60 mg je kg Futter bei einer proteinreichen Diät (Rohproteingehalt 66,4 %) bessere Gewichtszunahmen erreicht werden können.

1. Versuchsanordnung

Versuchsdauer 11 Tage, 3 Gruppen à 5 männliche Tiere. Das Durchschnittsgewicht der Tiere zu Beginn des Versuchs betrug 51,2 g. Die Unterbringung erfolgte in Ganzdrahtkäfigen vom Typ II. Die Wägungen fanden am 1., 7. und 11. Versuchstag statt. Futter- und Wasserangebot erfolgten ad libitum.

*) Den Firmen Degussa, Werk Konstanz, und Hoffmann-La Roche AG danke ich herzlich für die kostenlose Überlassung verschiedener Aminosäuren und Vitamine.

2. Versuchskriterien

Gewichtszunahmen, Futterverwertung (definiert als Quotient aus Futteraufnahme durch Gewichtszunahme), Protein efficiency ratio (PER, definiert als Quotient aus N-Ansatz durch N-Zufuhr $\times 100$).

3. Versuchsdiäten

Ausgehend von der von ROGERS und HARPER (1964) angegebenen Ration wurden zur Angleichung an die in anderen Versuchen bewährten Komponenten (DREPPER, UDES, DENNLER, 1967) mehrere Ingredienzien ausgetauscht.

Tabelle 11

Zusammensetzung der Diäten
(Angaben in % lufttrockener Substanz)

Diät	I	II	III
Aminosäurenmischung ¹⁾	17,54	-	-
Säurecasein ²⁾ (80 % Rohprotein)	-	22,0	83,0
Dextrin (weiß)	52,06	-	-
Reisstärke DAB 6	-	64,0	-
NaHCO ₃	-	-	3,0
Rohrzucker	13,4	-	-
Agar-Agar	3,0	-	-
Sojaöl, raff.	4,0	2,0	2,0
Cellulosepulver	2,0	4,0	4,0
Mineralstoffmischung ³⁾	6,0	6,0	6,0
Vitaminvormischung ³⁾	2,0	2,0	2,0
	100,0	100,0	100,0

- 1) Die Aminosäurendiät und die Vergleichscaseindiät enthielten 15 mg Vitamin B₆/kg Futter, die proteinreiche Diät (III) 60 mg Vitamin B₆/kg Futter.
- 2) Aufgewertet mit 1200 mg DL-Methionin pro 1000 g Diät.
- 3) Die Mineralstoffmischung und Vitaminvormischung sind aus dem Vorversuch zu entnehmen (S. 25 und S. 26).

4. Ergebnisse des vierten Hauptversuchs

Tabelle 12

Rattenwachstumsversuch

(Lebensalter bei Versuchsbeginn 21 Tage, Versuchsdauer 11 Tage, Angaben als Durchschnitt von 5 männlichen Tieren, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden)

Gruppe	I (Aminosäuren)	II (Casein)	III (Casein)
Rohproteingehalt des luft-trockenen Futters %	15,2	17,6	66,4
Bruttoenergie kcal/g Trockensubstanz	-	4,5	5,1
tägliche Gewichtszunahme g	5,4	4,5	3,3
tägliche Futteraufnahme g	13,4	11,4	10,1
Futterverwertung = $\frac{\text{Futteraufnahme}}{\text{Gewichtszunahme}}$	2,5	2,5	3,1
PER = $\frac{\text{Gewichtszunahme}}{\text{Rohproteinaufnahme}}$	2,72	2,37	0,49

Reine Aminosäuren als einzige Stickstoffquelle (15,2 % Rohprotein) im Futter ergaben im Vergleich zu einer Caseindiät (17,6 % Rohprotein) mit unterschiedlichem Aminosäurenmuster verbesserte Gewichtszunahmen und PER-Werte. Die Futtermittelverwertung war gleich.

Tabelle 13

Zusammensetzung der Aminosäurenmischung nach ROGERS und HARPER (1964)¹⁾ und Aminosäurenanalyse von Casein mit Methioninergänzung²⁾

(Angaben in % des Rohproteins)

Essentielle Aminosäuren	1)	2)
Histidin	2,93	2,85
Isoleucin	5,39	5,04
Leucin	7,96	9,43
Lysin	11,84	7,64
Methionin	5,39	4,07
Phenylalanin	7,63	5,12
Threonin	3,48	4,15
Tryptophan	0,98	-
Valin	5,39	6,50
<u>Nicht- und semiessentielle Aminosäuren</u>		
Alanin	2,30	3,09
Arginin	8,91	3,33
Asparaginsäure	2,30	7,40
Glutaminsäure	23,02	23,25
Glykokoll	15,32	1,95
Prolin	2,30	10,89
Cystein	2,30	0,66
Serin	2,30	5,53
Tyrosin	2,30	3,66
Asparagin	3,95	-

Ein Vergleich der Aminosäurezusammensetzung beider Eiweißträger (Tabelle 13) ergibt erhebliche Differenzen in den Konzentrationen der einzelnen Aminosäuren. Die Ergebnisse (Tabelle 12) weisen darauf hin, daß die Aminosäuremischung offenbar eher geeignet ist, den Bedarf an Aminosäuren zu decken, als das Casein. Wie weit dabei eventuell die langsamere Verdauung des Caseins und damit die zeitlich verzögerte Resorption der Aminosäuren eine Rolle spielt, kann aus diesen Versuchen nicht entschieden werden.

Der von 30 mg auf 60 mg Vitamin B₆/kg Futter im vierten Hauptversuch erhöhte Gehalt dieses Wirkstoffes ergab gegenüber dem ersten Hauptversuch keine verbesserten Gewichtszunahmen.

Die Frage, ob und inwieweit diese Aminosäurendiät für eine längere Wachstumsperiode und für die Zucht in Frage kommt, sollte in den nächsten Versuchen geprüft werden.

e. Fünfter Hauptversuch

In einem 21-tägigen Wachstumsversuch sollte eine reine Aminosäurendiät mit einer Caseindiät verglichen werden. Es interessierte die Frage, ob über eine längere Versuchsdauer bei wachsenden Ratten ausreichende Gewichtszunahmen, Futterverwertungszahlen und PER-Werte erzielt werden. Gleichzeitig sollte der Einfluß von Methioninmangel und Asparagin geprüft werden. Nach dem Auftreten allgemeiner Methioninmangelsymptome sollte eine "Wiederauffütterung" mit einer "vollwertigen" Aminosäu-

rendiät erfolgen.

1. Versuchsanordnung

Versuchsdauer 70 Tage, 3 Gruppen a 10 männliche Tiere, 1 Gruppe á 5 männliche Tiere (Diätgruppe IV). Das Durchschnittsgewicht der Tiere zu Beginn des Versuchs war 58,1 g. Die Unterbringung erfolgte in Ganzdrahtkäfigen vom Typ II. Die Wägungen fanden jeweils nach 4 Stunden Nüchternzeit zur gleichen Tageszeit einmal pro Woche statt. Futter- und Wasserangebot erfolgten ad libitum.

2. Versuchskriterien

Gewichtszunahmen, Futterverwertung (definiert als Quotient aus Futteraufnahme durch Gewichtszunahme), Protein efficiency ratio (PER, definiert als Quotient aus Gewichtszunahme durch Rohproteinaufnahme).

3. Versuchsdiäten

Die Aminosäurenmischung entsprach derjenigen von ROGERS und HARPER (1964), Tabelle 15. Die Caseindiät (Diät I) enthielt in der Vitaminvormischung 1 200 mg DL-Methionin. Bei der Diät III (vgl. folgende Tabellen 14 und 15) wurde aus der Aminosäurenmischung L-Methionin eliminiert und bei der Diät IV das Asparagin gegen Asparaginsäure ausgetauscht.

Tabelle 14

Zusammensetzung der Diäten
(Angaben in % lufttrockener Substanz)

Diät	I	II	III	IV
Säurecasein (80 % Rohprotein)	30,0	-	-	-
Aminosäurenmischung	-	17,54	16,72	17,54
Dextrin (weiß)	-	52,46	53,28	52,46
Reisstärke DAB 6	56,0	-	-	-
Rohrzucker	-	13,0	13,0	13,0
Agar-Agar	-	3,0	3,0	3,0
Sojaöl, raff.	2,0	4,0	4,0	4,0
Cellulosepulver	4,0	2,0	2,0	2,0
Mineralstoffmischung ¹⁾	6,0	6,0	6,0	6,0
Vitaminvormischung ¹⁾	2,0	2,0	2,0	2,0
	100,0	100,0	100,0	100,0

- 1) Die Mineralstoffmischung und Vitaminvormischung sind aus dem Vorversuch zu entnehmen (S. 25 und S. 26).

Tabelle 15

Zusammensetzung der Aminosäurenmischung

(Angaben in % der Diät, Rationen II - IV)

Essentielle Aminosäuren

L-Arginin . HCl	1,355
L-Histidin . HCl . H ₂ O	0,446
L-Isoleucin	0,820
L-Leucin	1,110
L-Lysin . HCl	1,800
L-Methionin	0,820
L-Phenylalanin	1,160
L-Threonin	0,530
L-Tryptophan	0,150
L-Valin	0,820

Nichtessentielle Aminosäuren

DL-Alanin	0,350
L-Asparaginsäure	0,350
L-Glutaminsäure	3,500
Glykokoll	2,330
L-Prolin	0,350
L-Cystin	0,350
DL-Serin	0,350
L-Tyrosin	0,350
L-Asparagin	0,600
	<u>17,541</u>

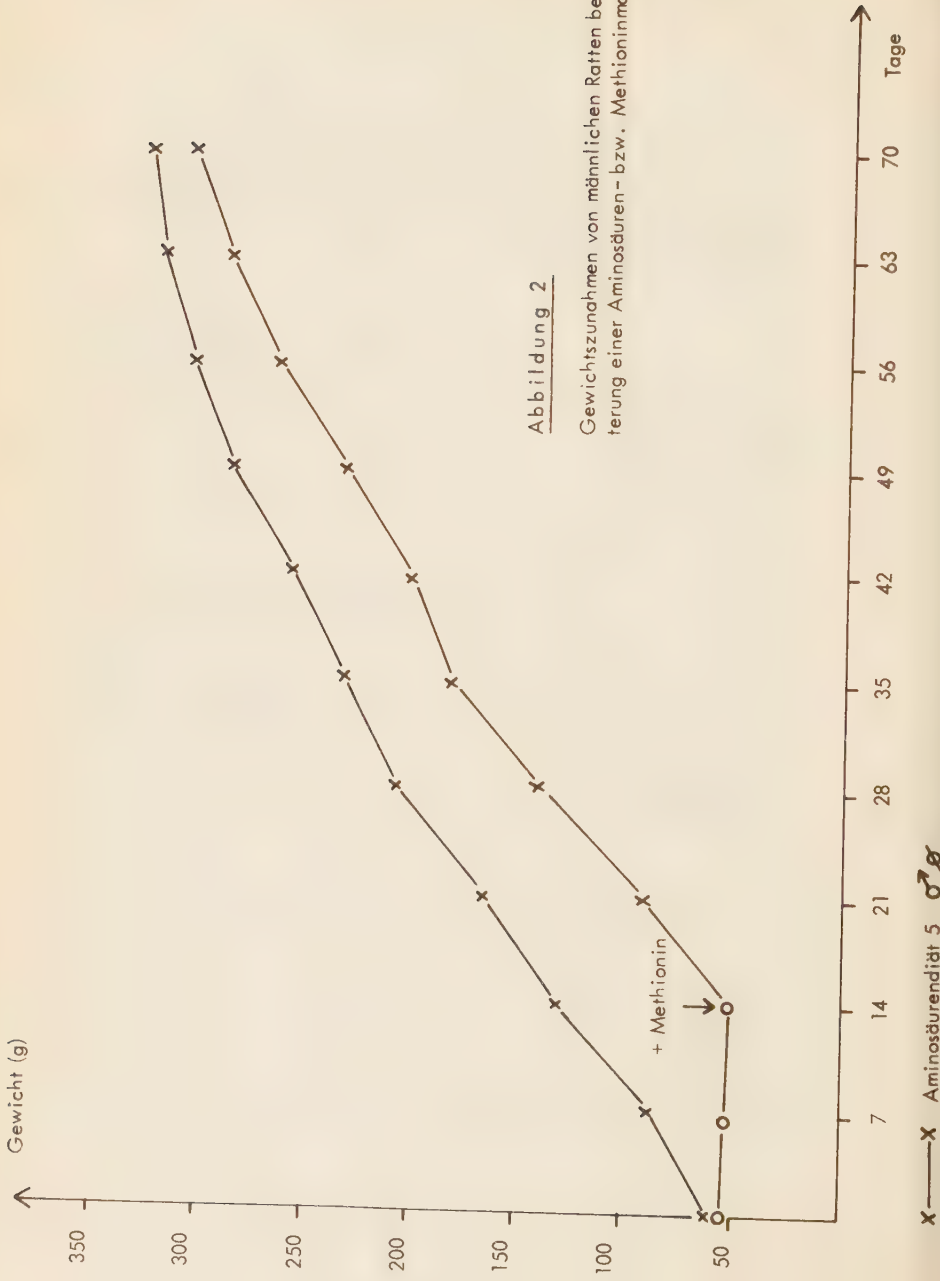
4. Ergebnisse des fünften Hauptversuchs

Tabelle 16

Wachstumsversuch mit Ratten zur Prüfung des Einflusses von
Methioninmangel und Asparagin

(Lebensalter bei Versuchsbeginn 21 Tage, Versuchsdauer 21 Tage, Angaben
als Durchschnitt von 10 männlichen Tieren, Diätgruppe IV 5 männliche
Tiere, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden)

Gruppe		I (Casein)	II (Amino- säuren)	III (Aminosäu- ren ohne Methionin)	IV (Aminosäu- ren ohne Asparagin)
Rohproteingehalt des lufttrockenen Futters %		24,0	15,2	14,8	15,2
Tägliche Gewichtszu- nahme, g	1.-4. Tag	4,5	4,3	-0,42	2,6
	5.-14. Tag	6,1	6,5	-0,35	6,9
	15.-21. Tag	4,7	5,7	-	5,5
Futtermittelnutzung = Futteraufnahme Gewichtszu- nahme	1.-4. Tag	2,7	2,8	-	3,3
	5.-14. Tag	2,6	2,4	-	2,1
	15.-21. Tag	3,6	3,1	-	3,1
PER Gewichtszu- nahme = Rohprotein- aufnahme	1.-4. Tag	1,5	2,3	-	2,0
	5.-14. Tag	1,6	2,7	-	3,1
	15.-21. Tag	1,2	2,1	-	2,1



Die Tabelle 16 zeigt, daß bei Verwendung der Aminosäurenmischung (Diät II) gleich gute Ergebnisse erzielt werden, wie bei Verfütterung von Casein und Methionin als Proteinquelle (Diät I).

Bei der Verfütterung der Methioninmangeldiät (III) wurde eine wesentlich verringerte Nahrungsaufnahme beobachtet. Abbildung 2 zeigt die Gewichtsentwicklung über eine Versuchsperiode von 70 Tagen mit der Aminosäurendiät II und der Methioninmangeldiät III (Fütterungszeitraum 14 Tage, dann "Wiederauffütterung" mit der Aminosäurendiät II). Die in den ersten 14 Tagen festzustellenden Gewichtsabnahmen bei der Methioninmangeldiät (0,37 g/Tier/Tag) gehen bei der "Wiederauffütterung" mit der vollwertigen Aminosäurendiät II in vergleichbaren Wochen in geringgradig höhere Gewichtszunahmen über, als bei der von Versuchsbeginn an mit der vollwertigen Aminosäurendiät gefütterten Gruppe.

Der Austausch von Asparagin gegen Asparaginsäure in der Aminosäurenmischung führte in den ersten 4 Tagen zu verringerten Gewichtszunahmen mit geringgradig verschlechterter Futterverwertung. In späteren Versuchsabschnitten entsprachen alle Werte denjenigen, wie sie mit der Asparagin enthaltenden Aminosäurenmischung erzielt wurden.

Obwohl die geprüfte Aminosäurendiät in ihrer Qualität und Quantität für das Wachstum optimale Zunahmen erbrachte, ist es jedoch fraglich, ob die Rohproteinkonzentration (15,2 %) dem Bedarf für gleichzeitige Gravidität und Laktation entspricht. Dies soll in einem

folgenden Versuch geprüft werden.

f. Sechster Hauptversuch

Dieser Versuch befaßt sich mit dem Wachstum, der Paarung und der Zucht bei Verfütterung einer halbsynthetischen Diät, deren stickstoffhaltige Komponenten ausschließlich aus synthetisch hergestellten Aminosäuren bestehen. Die Aminosäurenmischung entspricht derjenigen von ROGERS und HARPER (1964), Tabelle 13 ¹⁾.

Zur Angleichung an die in anderen Versuchen bewährten Komponenten wurden mehrere Ingredienzien ausgetauscht. Über den Einfluß verschiedener Kohlenhydratkomponenten wurde an anderer Stelle berichtet (DREPPER und UDES, 1968). Als Vergleichsdiät diente eine Caseindiät (24,0 % Rohprotein).

1. Versuchsanordnung

Versuchsdauer etwa 170 Tage, 2 Gruppen ¹ à 10 männliche und 5 weibliche Tiere. Das Durchschnittsgewicht der männlichen Tiere zu Beginn des Versuchs betrug 58,0 g und der weiblichen Tiere 57,0 g. Die Unterbringung erfolgte während der Wachstumsperiode in Ganzdrahtkäfigen vom Typ II und während der Zuchtperiode in Makrolonkäfigen vom Typ III. Als Einstreu diente Weichholzgranulat der Firma Altromin GmbH, Lage (Lippe). Die Wägungen fanden einmal wöchentlich zur gleichen Tageszeit nach 4 Stunden Nüchternzeit statt. Futter- und Wasserangebot erfolgten ad libitum. Die Tiere wurden im Alter von 60 Tagen zufällig miteinander gepaart.

2. Versuchskriterien

Gewichtszunahmen, Futterverwertung (definiert als Quotient aus Futteraufnahme durch Gewichtszunahme), Protein efficiency ratio (PER, definiert als Quotient aus Gewichtszunahme durch Rohproteinaufnahme), Produktiver Proteinwert (PPW, definiert als Quotient aus N-Ansatz durch N-Zufuhr $\times 100$), Gewichtszunahmen der weiblichen Elterntiere, durchschnittliche Dauer vom Paarungsbeginn bis zum 1. Wurf bzw. zwischen den Würfen, Anzahl geborener lebender Jungtiere, Anzahl nach 21 Tagen abgesetzter Jungtiere, durchschnittliches 21-Tagegewicht je Tier, Tagesgewichtsleistung nach HAAKH (1964).

3. Versuchsdiäten

Tabelle 17

Zusammensetzung der Diäten
(Angaben in % lufttrockener Substanz)

Diät	I	II
Aminosäurenmischung ¹⁾	-	17,54
Säurecasein ²⁾ (80 % Rohprotein)	30,0	-
Dextrin (weiß)	-	52,46
Reisstärke DAB 6	56,0	-
Rohrzucker	-	13,0
Agar-Agar	-	3,0
Sojaöl, raff.	2,0	4,0
Cellulosepulver	4,0	2,0
Mineralstoffmischung ³⁾	6,0	6,0
Vitaminvormischung ³⁾	2,0	2,0
	100,0	100,0

1) Die Aminosäurenmischung ist aus der Tabelle 13¹⁾ zu entnehmen.

2) Die Caseindiät (Diät I) enthielt in der Vitaminvormischung 1200 mg DL-Methionin.

3) Die Mineralstoffmischung und Vitaminvormischung sind aus dem Vorversuch zu entnehmen (S. 25 und S. 26).

4. Ergebnisse des sechsten Hauptversuchs

Tabelle 18

Rattenwachstumsversuch

(Lebensalter bei Versuchsbeginn 21 Tage, Versuchsdauer 21 Tage, Angaben als Durchschnitt von 10 männlichen Tieren, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden)

Gruppe	I (Casein)	II (Aminosäuren)
Rohproteingehalt des lufttrockenen Futters %	24,0	15,2
Tägliche Gewichtszunahme g	5,1	5,5
Tägliche Futteraufnahme g	12,72	13,75
Futterverwertung = $\frac{\text{Futteraufnahme}}{\text{Gewichtszunahme}}$	2,5	2,5
PER = $\frac{\text{Gewichtszunahme}}{\text{Rohproteinaufnahme}}$	1,7	2,6
PPW = $\frac{\text{N-Ansatz}}{\text{N-Zufuhr}} \times 100$	39,2	39,4

Wie aus den vorhergehenden Wachstumsversuchen an Ratten (vgl. Tabelle 16) zu entnehmen und auch aus der Tabelle 18 ersichtlich ist, sind mit der Aminosäuremischung bessere Gewichtszunahmen zu erzielen als bei Verfütterung von Casein mit Methioninergänzung als Proteinquelle.

Die Gewichtszunahmen, Futterverwertung, PER- und PPW-Werte entsprechen weitgehend den Literaturangaben (WOMACK und ROSE, 1947, NRC 1962, HEPBURN et al., 1964, BREUER et al., 1964, ADKINS et al., 1966, u.a.).

Der Rohproteingehalt in beiden Rationen des sechsten Hauptversuchs liegt wahrscheinlich über dem Optimum für das Wachstum: Bei halbsynthetischen Diäten für andere Versuchszwecke (DREPPER und UDES, 1967) wurden mit Casein und Sojaprotein (12 % Rohprotein) Gewichtszunahmen von 5,6 g/Tier/Tag erzielt (vgl. Tabelle 19). Der National Research Council (1962) gibt für das Wachstum bei der Ratte als Bedarf 20 % Rohprotein an.

Tabelle 19

Rattenwachstumsversuch (DREPPER und UDES, 1967)

(Lebensalter bei Versuchsbeginn 21 Tage, Versuchsdauer 21 Tage, Angaben als Durchschnitt von 10 männlichen Tieren, Hell : Dunkel-Rhythmus = 12 : 12 Stunden)

Diät ¹⁾	I (Casein mit Methionin)	II (Sojaprotein mit Methionin)
Rohproteingehalt des lufttrockenen Futters %	12,3	11,5
Tägliche Gewichtszunahme g	5,6	5,6
Tägliche Futteraufnahme g	15,3	15,4
Futterverwertung = $\frac{\text{Futteraufnahme}}{\text{Gewichtszunahme}}$	2,7	2,8

- 1) Die Diäten wurden unter Einhaltung der Vorschrift für die Wertbeurteilung von Futter- oder Nahrungsproteinen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere (1964) geprüft.

Tabelle 20

Aminosäurenanalyse ¹⁾ von Casein und Sojaprotein in
% des Rohproteins

<u>Essentielle Aminosäuren</u>	Casein	Sojaprotein
Histidin	2,85	2,43
Isoleucin	5,04	4,61
Leucin	9,43	7,65
Lysin	7,64	5,83
Methionin	4,07	3,22
Phenylalanin	5,12	5,48
Threonin	4,15	3,39
Tryptophan	-	-
Valin	6,50	4,17
<u>Nicht- bzw. semiessentielle Aminosäuren</u>		
Alanin	3,09	3,83
Arginin	3,33	6,96
Asparaginsäure	7,40	11,91
Glutaminsäure	23,25	21,04
Glykokoll	1,95	3,83
Prolin	10,89	5,39
Cystein	0,66	1,56
Serin	5,53	5,13
Tyrosin	3,66	2,52

1) Fräulein Doris Schwarz sei für die sorgfältige Durchführung der Analysen herzlich gedankt.

Aus der Tabelle 20 geht die Aminosäurezusammensetzung von Casein und Sojaprotein in % des Rohproteins hervor. Obwohl das Aminosäurenmuster beider Proteine verschieden ist, ist der "Effekt" an intermediär verfügbaren essentiellen und semiessentiellen Aminosäuren der beiden Proteinträger für das Wachstum gleich. Beide Gruppen zeigten unter sonst gleichen Bedingungen (alle anderen Komponenten der Diät und auch die Haltungsbedingungen waren identisch) die gleichen Wachstumsraten (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 21

Rattenpaarungsversuch

(Lebensalter der männlichen und weiblichen Tiere bei der ersten Paarung 60 Tage, Versuchsdauer 110 Tage, Angaben als Durchschnitt von 5 weiblichen Tieren im Durchschnitt von 3 aufeinanderfolgenden Würfen, permanent monogame Paarung)

Gruppe	I (Casein)	II (Aminosäuren)
Rohproteingehalt des luft-trockenen Futters %	24,0	15,2
Fruchtbarkeit %	100,0	100,0
Durchschnittliche Dauer vom Paarungsbeginn bis zum 1. Wurf bzw. zwischen den Würfen, Tage	25,2	29,6
Anzahl geborener lebender Jungtiere	9,8	9,3
Anzahl abgesetzter Jungtiere	8,5	8,3
21-Tagegewicht der Jungtiere g	39,0	36,0
Gewichtszu- bzw. Abnahme der Mutter-tiere von Beginn der Paarung bis zum Absetzen des 3. Wurfs g	Während der Gravidität 85,0 Während Gra-vidität und Laktation 22,0	79,0 -13,0
Tagesgewichtsleistung nach HAAKH (1960)	10,3	8,2

Obwohl das durchschnittliche Absetzgewicht der Jungtiere bei der verwendeten Aminosäurendiät II mit 36 g am 21. Tag (Tabelle 21) befriedigend war, und obschon diese Diät für das Wachstum optimale Zunahmen erbrachte, ist es jedoch fraglich, ob die Rohproteinquantität (15,2 %) dem Bedarf für gleichzeitige Gravidität und Laktation entspricht. Der Gewichtsverlust der Muttertiere während der Laktationsperiode und die verlängerte Zeit zwischen den Würfen gegenüber der Caseindiät I könnten die Folgen eines zu niedrigen Rohproteingehaltes sein.

Die untersuchte Aminosäurendiät erscheint geeignet, den Einfluß einzelner Komponenten durch Konzentrationsänderung oder durch Eliminierung auf den Organismus zu prüfen.

D. DISKUSSION

a. Proteinquantität

Die durchgeführten Wachstums- und Zuchtversuche mit halbsynthetischen Sonderdiäten bei der Ratte zeigen, daß bei Verfütterung steigender Rohproteingehalte gleicher Proteinqualität eine untere Grenze und auch eine obere Grenze der für eine bestimmte Leistung optimalen Proteinzufuhr festzustellen ist. Außerhalb dieser Grenzen sinken die Leistungen des tierischen Organismus (Wachstum, Gravidität und Laktation) unter die "Normalwerte" ab. Die unteren und oberen Grenzen der jeweiligen "optimalen" Proteinzufuhr für eine Leistung sind Annäherungswerte, die von der gewählten Proteinqualität und auch von den anderen Nahrungskomponenten in der Ration abhängig sind.

Es sollte daher für die Ernährungsphysiologie vordringliche Aufgabe sein, neue Wege für die Bestimmung des exakten Aminosäurenbedarfs für die einzelnen Tierarten und deren Leistungen zu suchen (vgl. S. 15 ff).

Daß es eine limitierende untere Grenze der Proteinzufuhr gibt, ist nicht zuletzt durch die Proteinunterernährung der beiden Weltkriege zur Genüge bekannt geworden. Es liegt auch eine große Zahl von Veröffentlichungen über Proteinmangelzustände bei Tieren vor.

Wo nun genau die untere Grenze der Proteinzufuhr für bestimmte Leistungen bei Ratten liegt, sollte in der vor-

liegenden Arbeit nicht untersucht werden.

Nach neueren Veröffentlichungen genügt für die Haltung von Ratten eine Diät mit einem Proteingehalt von ca. 3,2 %, um die Tiere im Stickstoffgleichgewicht zu halten (z.B. HARTSOOK und MITCHELL, 1956). Mit dieser Proteinkonzentration im Futter ist jedoch nur die Erhaltung der Substanz, nicht die volle Leistungsfähigkeit gewährleistet (NÖCKER und SCHULZ, 1966).

Die Wachstums- und Zuchtversuche haben gezeigt, daß bei einem hohen Proteinanteil in der Ration der tierische Organismus zumindest sekundär nicht mehr in der Lage ist, seine Leistungen in physiologischer Höhe zu erbringen: Bei der permanent monogamen Paarung der Diätgruppe V (Tabelle 5, Rohproteingehalt 66,4 %, S. 37) war es nicht möglich, im ersten Wurf überlebende Jungtiere zu erhalten, die zweiten und dritten Würfe ergaben unterdurchschnittliche Zuchtergebnisse. Die Elterntiere dieser Diätgruppe zeigten eine Depression der Nahrungsaufnahme, geringere Gewichtszunahmen, Intestinalstörungen (Kot-schmierern), Veränderungen an Nieren und Leber, Hypertrophie der Milz und auch eine Polyurie.

Steigende Rohproteinkonzentrationen im Futter führten zu steigenden Nierengewichten in Prozent des Körpergewichtes. Bei 66,4 % Rohprotein in der Diät wurde ein um 0,45 % des Körpergewichtes höheres Nierengewicht als bei 12 % Rohprotein in der Ration gefunden. Das Milzgewicht war um 0,11 % des Körpergewichtes höher als bei der Kontrollgruppe. Ob diese Beobachtungen bei proteinreicher Ernährung als pathologisch anzusprechen

sind, muß durch weitere Auswertungen der angefertigten histologischen Schnitte noch abgesichert werden.

Nach den vorliegenden Untersuchungen scheinen 24 % Rohprotein (Casein mit Methioninergänzung) in der Diät für die permanent monogame Paarung "optimal" zu sein. Ein höherer Rohproteingehalt derselben Proteinqualität scheint für die Zucht bei Ratten nicht notwendig zu sein.

Für das Wachstum der Ratte dürften 12 % Rohprotein im Futter als ausreichend zu betrachten sein. Es wurden in den eigenen Versuchen damit Gewichtszunahmen von 5,6 g/Tier/Tag ermittelt. Das National Research Council (1962) fordert für das Wachstum der Ratte einen Rohproteinanteil von 20 % im Futter, eine Konzentration, die bei dem Bedarfsmuster entsprechender Rohproteinqualität sicher als zu hoch anzusehen ist.

Aus den ersten drei Versuchen geht hervor, daß die erprobten halbsynthetischen Sonderdiäten für das Wachstum und die Zucht bei Ratten geeignet sind. Es kann dabei durchaus sein, daß bei den Inhaltsstoffen außer dem Rohprotein mit geringeren als den mitgeteilten Konzentrationen genauso gute oder auch bessere Leistungen erzielbar sind, oder daß durch Erhöhung der Gehalte einzelner Inhaltsstoffe über das angegebene Maß hinaus die angestrebten Erfolge verbessert werden können.

b. Proteinqualität

Die Versuche IV bis VI dieser Arbeit beschäftigen sich mit der Prüfung einer halbsynthetischen Diät, deren

Stickstoffkomponenten aus reinen Aminosäuren bestehen und die dem sogenannten "Baukastenprinzip" vollauf genügen. Somit ist die Möglichkeit gegeben, durch Konzentrationsänderung oder durch Eliminierung einzelner Komponenten Mangelsymptome hervorzurufen und zu beschreiben.

Die Wachstumsversuche an Ratten zeigten, daß mit Hilfe der von ROGERS (1964) angegebenen Aminosäurenmischung (Tabellen 15, 18 und 21, vgl. S. 54, 61 und 64) gleich gute und sogar bessere Ergebnisse erzielt werden als bei Verfütterung von Casein mit Methioninergänzung als Proteinquelle. Gewichtszunahmen, Futterverwertung, PER- und PPW-Werte sind gut und entsprechen weitgehend den Literaturangaben.

Ein Vergleich der Aminosäurezusammensetzung beider Proteinträger (Tabelle 20, S. 63) zeigt, daß die einzelnen Aminosäuren in ihren Konzentrationen im Rohprotein erheblich voneinander abweichen. Bei den Fütterungsversuchen scheinen jedoch beide Proteine bei den verwendeten Konzentrationen im Futter den Aminosäurenbedarf für die gemessene Leistung gedeckt zu haben, denn für eine bestimmte Leistung des tierischen Organismus kann es nur ein bestimmtes Aminosäurenmuster geben, das als optimal zu betrachten ist.

Aminosäurenmischungen, die entweder nach oben oder nach unten innerhalb gewisser möglicher "Elastizitätsgrenzen" dem noch unbekannten "idealen" Muster sich nähern, mögen zwar für die praktische Ernährung genügen und auch befriedigende Resultate ergeben. Vom rein

wissenschaftlichen Standpunkt befriedigen sie jedoch nicht das Streben nach genauer Kenntnis des Aminosäurenbedarfs (vgl. S. 15 ff).

Wenn geringerwertige Proteine mit synthetisch hergestellten Aminosäuren substituiert werden, erfordert dieses eine genaue Einhaltung der Bedarfskonzentration. Überdosierungen einzelner Aminosäuren, die sich außerhalb der obengenannten "Elastizitätsgrenze" bewegen, führen zu Leistungsminderungen, die durch sogenannte Aminosäureunbalancen bedingt werden (HARPER, 1959, MORRISON und HARPER, 1960, KUMTA et al., 1960, 1961, FISHER und SHAPIRO, 1961 u.a.).

Daß es vordringliche Aufgabe ist, genaue Kenntnis über den Aminosäurenbedarf für die Tierarten und deren Leistungen zu erarbeiten, zeigen die Ergebnisse des sechsten Versuchs: Bei 15,2 % Rohprotein in der Ration (Tabelle 18, Aminosäurendiät, S. 61) wurden bessere Ergebnisse erzielt als bei Verfütterung von 24 % Rohprotein (Casein mit Methioninergänzung) in der Diät. Eine Erklärung hierfür wäre, daß das Aminosäurenmuster der Diät II (Tabelle 15, S. 54) den Bedarf besser deckt als die Caseindiät. Auch die Verfügbarkeit dürfte hier keine unerhebliche Rolle spielen.

Die gleiche Erklärung gilt für die Ergebnisse bei Verfütterung von Casein und Sojaprotein (beide mit Methioninergänzung, Tabelle 19, S. 62): Bei fast gleichem Rohproteingehalt jedoch unterschiedlichem Aminosäurenmuster und sonst gleichen Bedingungen (die übrigen Komponenten der Diät und auch die Haltungsbedingungen waren

identisch) wurden gleiche Wachstumsraten erzielt. Offenbar reichten die beim Vergleich der Aminosäurenmuster (Tabelle 20, S. 63) jeweils im Minimum befindlichen Werte der essentiellen Aminosäuren für die Hervorbringung der gemessenen Leistung aus.

Bei der Verfütterung der Methioninmangeldiät (Tabelle 16, Diät III, S. 55) wurde eine wesentlich verringerte Nahrungsaufnahme beobachtet. Die in den ersten 14 Tagen festzustellenden Gewichtsabnahmen bei den Tieren, die die Methioninmangeldiät erhielten (0,37 g/Tier/Tag) gehen bei der "Wiederauffütterung" mit der vollwertigen Aminosäurendiät II in vergleichbaren Wochen in geringgradig höhere Gewichtszunahmen über als bei der von Versuchsbeginn an mit der vollwertigen Aminosäurendiät gefütterten Gruppe. Der Austausch von Asparagin gegen Asparaginsäure in der Aminosäurenmischung führte in den ersten vier Tagen zu verringerten Gewichtszunahmen mit geringgradig verschlechterter Futterverwertung. In späteren Versuchsabschnitten entsprachen alle Werte denjenigen, wie sie mit der Asparagin enthaltenden Aminosäurenmischung erzielt wurden.

Neuere Arbeiten von BREUER et al. (1966) weisen darauf hin, daß für optimales Wachstum bei der Ratte 0,4 bis 0,6 % Asparagin in der Diät enthalten sein sollte. Der wachstumsfördernde Wirkungsmechanismus von Asparagin ist nicht bekannt.

Bei Verwendung von Aminosäurendiäten für die Zucht ergaben sich bei geringerem Rohproteingehalt Ergebnisse, die mit denen, wie sie bei Verfütterung von Ca-

sein mit Methioninergänzung erzielt wurden, vergleichbar waren: Das durchschnittliche Absetzgewicht der Jungtiere bei der verwendeten Aminosäurendiät II war am 21. Tag 36 g (Tabelle 21, S. 64). Obwohl diese Diät für die Aufzucht optimale Zunahmen erbrachte, erscheint es möglich, daß die Rohproteinkonzentration (15,2 %) den Bedarf für gleichzeitige Gravidität und Laktation bei der hier angewendeten permanent monogamen Paarung nicht voll deckt. Der gefundene Gewichtsverlust der Muttertiere während der Laktationsperiode und die verlängerte Zwischenwurfzeit gegenüber der Caseindiät I könnten die Folgen eines zu niedrigen Rohproteingehaltes sein.

GREENSTEIN et al. (1957) erreichten mit einer aus synthetischen Komponenten bestehenden Diät (Rohproteingehalt 20 %) zwar keine so hohen Absetzgewichte der Jungtiere (39,5 g am 31. Tag), jedoch verzeichneten sie eine Zunahme der Muttertiere während der Laktation. SCHULTZE und Mitarb. (1957) zeigten in ihren Versuchen mit einer Diät aus L- und DL-Aminosäuren (Rohproteingehalt 18,34%), daß die Muttertiere während der Laktation einen Gewichtsverlust aufwiesen. Das Gewicht der Jungtiere war mit 38,5 g am 28. Tag nicht sehr hoch.

c. Aminosäurenbedarfsbestimmung

Auf die bisher verwendeten Methoden zur Bestimmung des Aminosäurenbedarfs soll hier im einzelnen nicht eingegangen werden. Entsprechende Publikationen wurden im Literaturteil (S. 15 ff) angegeben und erörtert. Allen diesen Arbeiten ist gemeinsam, daß Reaktionen des tie-

rischen Organismus auf die Konzentrationsveränderung einzelner Aminosäuren bei gegebenem Muster der anderen Aminosäuren (und gegebener Zusammensetzung einer Diät) geprüft werden. Daß die so ermittelten "optimalen" Konzentrationen der Einzelaminosäuren von den Konzentrationen und Relationen der anderen Aminosäuren (und der Inhaltsstoffe des Gesamtfutters) mitbestimmt wird, ist jedoch unbestritten. Die festgestellten Bedarfszahlen geben also nicht den tatsächlichen Bedarf sondern den in Abhängigkeit von anderen Futterinhaltsstoffen bestehenden Bedarf an.

Es sollte daher versucht werden, Methoden zur Aminosäurenbedarfsermittlung zu finden, die nicht auf den Reaktionen eines Tieres auf ein Angebot aufbauen, sondern die das Tier selbst aussagen lassen, welche Konzentrationen an intermediär verwertbaren Aminosäuren es für die Hervorbringung einer bestimmten Leistung benötigt.

Erste Arbeiten in dieser Richtung liegen vor:

Auf Grund verschiedener Untersuchungen von MUNKS und Mitarb. (1945), DUNN (1949), MITCHELL (1950), WILLIAMS et al. (1954) u.a. ist es offensichtlich, daß die Ganztierkörper- bzw. Gewebeanalyse einen Rückschluß auf die Bedarfskalkulation gestattet.

Die Ausscheidung von radioaktivem Schwefel nach einmaliger Verabreichung mit S^{35} -markiertem Methionin wird durch die Menge der mit dem Futter aufgenommenen

S-haltigen Aminosäuren beeinflusst (LANDIS und MONTAVON, 1966). Diese Ausscheidung wird als spezifisches Kriterium für die Bestimmung der Versorgungslage des Tieres herangezogen. Die Abhängigkeit zwischen der S^{35} -Ausscheidung und der Methioninaufnahme mit dem Futter wird von den genannten Autoren wie folgt interpretiert: "Wenn das Tier zu wenig Methionin erhält, so wird das aufgenommene Methionin so gut wie möglich für die Proteinsynthese verwertet, der Methioninabbau im Körper ist minimal und das Ausmaß der Proteinsynthese wird durch die Menge an verfügbarem Methionin limitiert. Wird im Bereich der Methioninunterversorgung die Methioninaufnahme erhöht, so steigt die Geschwindigkeit des Methionineinbaus in die Körperproteine an, während der Methioninabbau und die Ausscheidung des als Methionin aufgenommenen Schwefels nur geringfügig zunehmen. Übersteigt jedoch die Methioninaufnahme den Bedarf bzw. die Kapazität des Tieres zur Proteinsynthese, so wird ein um so größerer Teil des aufgenommenen Methioninschwefels innerhalb kurzer Zeit wieder ausgeschieden je größer der Überschuß an Methionin ist."

Der Methioninbedarf für das Wachstum bei der Ratte wurde mit 0,5 % in der Diät veranschlagt. Mit gleicher Methode wurde von den Autoren ermittelt, daß 50 bis 60 % des Bedarfs an schwefelhaltigen Aminosäuren durch Cystein gedeckt werden können.

Durch Anwendung und Erweiterung der Arbeiten von LANDIS und MONTAVON (1966) wäre folgende Methode zur Ermittlung des Bedarfs an Aminosäuren für das Wachs-

tum denkbar, die einer experimentellen Prüfung bedarf:

1. Einmalige Gabe von ^{14}C -markierten essentiellen und semiessentiellen Aminosäuren (nichtessentielle Aminosäuren ohne Markierung) an 30 männliche wachsende Ratten, Anfangsgewicht 60 g.
2. Weiterfütterung aller Tiere mit gleichem Futter jedoch ohne Aminosäurenmarkierung.
3. Täglich drei Ratten töten, Magendarmkanal entfernen, Ratten wiegen und Gesamtorganismus auf Stickstoff, Aminosäuren und deren spezifische Aktivität untersuchen.
4. Aus dem Abfall der spezifischen Aktivität/Tag wird der tägliche Umsatz je Aminosäure bezogen auf 100 g Körpergewicht berechnet = wahrscheinlicher Aminosäurenbedarf/Tag/100 g Körpergewicht.
5. 40 männliche wachsende Ratten, Anfangsgewicht 60 g erhalten eine einmalige Gabe von ^{14}C -markierten essentiellen und semiessentiellen Aminosäuren in der aus 4. berechneten täglichen Dosis/100 g Körpergewicht.
6. Wiederholung 2. bis 4.
7. Die Ergebnisse aus 1. bis 6. ergeben die für das Wachstum optimale Relation der essentiellen und semiessentiellen Aminosäuren. Das optimale Ver-

hältnis dieser Aminosäuren zu den nichtessentiellen Aminosäuren und die optimale tägliche Dosis wird in weiteren Versuchen ermittelt.

Entsprechende Versuchsanstellung mußten für den Aminosäurenbedarf für andere Leistungen (Haltung, Gravidität, Laktation) angewendet werden.

Mit Hilfe dieser Methodik erscheint die Möglichkeit gegeben, innerhalb kurzer Zeit den exakten Aminosäurenbedarf bei den meisten Laboratoriumstierarten zu bestimmen.

E. ZUSAMMENFASSUNG

An Hand einer Literaturübersicht werden die Auswirkungen unterschiedlicher Proteinkonzentrationen und -qualitäten im Futter auf den Rattenorganismus erörtert.

Ergebnisse der eigenen Versuche:

- a. Veränderungen der Proteinquantität bei gleicher Proteinqualität (Casein mit Methioninergänzung) im Futter ergaben bei Rattenversuchen:
 1. Bei 24 % Rohprotein in der Diät werden die besten Ergebnisse für Fertilität und Aufzucht der Jungtiere erzielt.
 2. Für die Gewichtszunahmen nach dem Absetzen erwiesen sich 12 % Rohprotein im Futter als am besten (5,6 g Gewichtszunahme/Tier/Tag).
 3. Bei sehr hohem Rohproteinanteil in der Ration (66,4 %) ist die Ratte nicht mehr in der Lage, ihre Leistungen (Gewichtszunahmen, Fertilität, Aufzucht der Jungtiere) in physiologischer Höhe aufrechtzuerhalten.
 4. Bei geringem Proteinanteil im Futter zeigt sich Gewichtsabnahme durch zu geringe Proteinaufnahmemenge, die durch Inappetenz noch weiter vermindert wird.
 5. Steigende Rohproteinkonzentrationen im Futter

führten zu steigenden Nieren- und Milzgewichten in % des Körpergewichtes. Bei extrem hohen Rohproteingehalt wurden Schädigungen des Tubulusapparates beobachtet.

b. Mit Hilfe von Diäten, die reine Aminosäuren als einzige Stickstoffquelle enthielten, wurde der Einfluß unterschiedlicher Proteinqualität auf die Leistungen von Ratten geprüft:

1. Mit einer Rohproteinkonzentration von 15,2 % (ausschließlich aus Aminosäuren) wurden gleich gute Fertilitäts- und Aufzuchtergebnisse erzielt wie mit einer Rohproteinkonzentration von 24 % (aus Casein mit Methioninergänzung).
2. Die Gewichtszunahmen von 5,5 g/Tier/Tag erwiesen sich bei Aminosäurenfütterung äquivalent denjenigen, wie sie bei Verfütterung von Casein mit Methioninergänzung erzielt wurden.
3. Bei Methioninmangel (Eliminierung von Methionin aus der Aminosäurenmischung) ergaben sich Gewichtsabnahmen der Jungtiere von 0,37 g/Tier/Tag. Durch "Wiederauffütterung" wurden in vergleichbaren Zeitabschnitten Gewichtszunahmen erzielt, die etwa denjenigen, die bei Verfütterung der "vollwertigen" Aminosäurendiät erzielt wurden, entsprachen.
4. Der Ersatz von Asparagin durch Asparaginsäure in der Aminosäurenmischung hatte nur vorüber-

gehend eine Verminderung der Gewichtszunahmen zur Folge.

Nach Diskussion der Ergebnisse im Vergleich zu Literaturangaben wird ein Vorschlag zur exakten Ermittlung des Aminosäurenbedarfs unterbreitet.

Die beschriebenen und geprüften Rattendiäten erscheinen geeignet, durch Variation der Konzentration verschiedenster Inhaltsstoffe (nicht nur der Rohprotein- oder Aminosäuregehalte) die Wirkung dieser Substanzen auf den Organismus reproduzierbar zu untersuchen.

F. LITERATURVERZEICHNIS

- ADKINS, J.S., WERTZ, J.M., HOVER, E.L. 1966, Proc.Soc.Exper.Biol.Med. 122, 519
- ALMQUIST, H.J. 1947, J.Nutr. 34, 543
- ALMQUIST, H.J. 1954, Arch.Biochem.Biophys. 52, 197
- BANSI, H.W. 1949, "Das Hungerödem", Stuttgart
- BEACH, E.F., MUNKS, B., ROBINSON, A. 1943, J.Biol.Chem. 148, 431
- BECKER, D.E., SMITH, I.D., NORTON, H.W. 1957, in: "Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere", 1966 (Hrsg. A. Hock), G. Fischer, Stuttgart
- BEACOM, S.E., BOWLAND, J.P. 1951, J.Nutr. 45, 419
- BENDITT, E.P., WOOLRIDGE, R. L., STEFFEE, C.H., FRARZIER, L.E. 1950, J.Nutr. 40, 335
- BLOCK, R.J., BOLLING, D. 1945, "The amino acid composition of proteins and foods", C.C. Thomas, Springfield, Illinois
- BLOCK, F.J., BOLLING, D. 1946, Arch.Biochem. 10, 359
- BLOCK, B.P., COX, G.S. 1959, Nature 184 721
- BLOCK, R.J., MITCHELL, H.H. 1946, Abstr. and Revs. 16, 249
- BOCK, H.D., HERRMAN, U., WÜNSCHE, J. 1967, Z.Ve suchstierk. 9, 143
- BRETTE, A. 1965, Les amino acides de synthèse en alimentation animale, in: "Amino acides, Peptides, Protéines", Travaux 1964 - 1966, 223, AEC Société de Chimie Organique et Biologique, Commeny (Allier)
- BREUER, L.H., Jr., POND, W.G., WARNER, R.G., LOOSLI, J.K. 1964, J.Nutr. 82, 499
- BREUER, L.H., Jr., WARNER, R.G. 1966, J.Nutr. 88, 143
- BENTON, D.A., LOOSLI, J.K.

- BRICKER, M.L., MITCHELL, H.H. 1947, J.Nutr. 34, 491
- BRONSCH, K., DREPPER, K. 1958, in: "Ernährungsschäden der landwirtschaftlichen Nutztiere", 1967, (Hrsg. E. Wiesner), VEB G. Fischer, Jena
- BRÜGGEMANN, J., NIESAR, K.H. 1959, "Studien zur industriellen Mischfutterherstellung", 1. Mitteilung: "Das Vermischungsproblem", Hrsg. Fachverband der Futtermittelindustrie, e.V., Hamburg
- CLARK, C.M., GOODLAD, A.J., 1960, Nature 186, 719
CHISHOLM, J., MUNRO, H.N.
- DREPPER, K. 1967, "Aminosäuren und Proteine", noch nicht veröffentlicht
- DREPPER, K., UDES, H., 1967, Z.Versuchstierk. 9, 317
DENNLER, H.J.
- DREPPER, K., UDES, H. 1968, Z.Versuchstierk. 10, 241
- DREPPER, K., UDES, H. 1968, unveröffentlicht
- DRUMMOND, J.C. 1922, J.Physiol. 56, 413
- DUNN, M.S., CAMIEN, M.N., 1949, Univ. California Publ. Physiol. 8, 293
MALIN, R.B., MURPHY, E.A.,
REINER, P.J.
- FENTON, P.F., CARR, C.L. 1951, J.Nutr. 45, 225
- FISHER, H., SHAPIRO, R. 1961, J.Nutr. 75, 395
- FOLLIS, R.H., Jr. 1949, J.Mount Sinai Hosp. N.Y. 16, 1
- FOLLIS, R.H., Jr. 1958, "Deficiency Disease", C.C. Thomas, Springfield, Ill
- FORBES, R.M., RAO, T. 1959, Arch.Biochem. and Biophys. 82, 348
- FRANDSEN, A.M. 1954, Anat. Rec. 119, 247
- FROST, D.V., SANDY, H.R. 1949, J.Nutr. 39, 427

- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, Arbeitskreis Proteinbewertung 1964, "Vorschrift zur Proteinbewertung in Versuchen an wachsenden Ratten", Z.Tierphysiol.Tierern.Futtermittelkde. 19, 305
- GIAJA, J., GELINEO, S. 1934, C.r.Acad.Sci. 198, 2277
- GOUNELLE, H. 1947, Ann.Nutr.Aliment. 1, 95
- GREENSTEIN, J.R., BIRNBAUM, S.M., WINITZ, M., OTEY, M.C. 1957, Arch.Biochem.Biophys. 72, 396
- HAACKH, U. 1960, Zentralblatt Vet.med. VII, 715
- HALAC, E., Jr. 1961, Am.J.Clin.Nutr. 9, 557
- HALL, H.D., SCHNEYER, C.A. 1964, Proc.Soc.Exper.Biol.(N.Y.), 117, 789
- HAMILTON, T.S. 1939, J.Nutr. 17, 565
- HAOGLAND, E.M., SNIDER, D.H. 1939, J.Nutr. 18, 435
- HARKER, C.S., ALLEN, P.E., CLARK, H.E. 1968, J.Nutr. 94, 495
- HARPER, A.E. 1959, J.Nutr. 68, 405
- HARTSOOK, E.W., MITCHELL, H.H. 1956, J.Nutr. 60, 173
- HARVEY, D. 1956, Tech.Commun.Commonw.Bur.Anim.Nutr. No. 19
- HEGSTED, D.M. 1957, J.Am.Diet.Assoc. 33, 225
- HEILMEYER, L. 1946, Med.Klin. 161
- HEINE, W. 1965, Z.Versuchstierk. 7, 152
- HEPBURN, F.N., BRADLEY, W.B. 1964, J.Nutr. 84, 305
- HOCK, A. 1966, "Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere", Fischer, Stuttgart
- JANSEN, W.H. 1918, Münch.med.Wschr. 10, 925
- JUNG, S. 1962, "Grundlagen für die Zucht und Haltung der wichtigsten Versuchstiere", Fischer, Stuttgart

- KAO, H.C., CONNER, R.T.,
SHERMAN, H.C. 1941, J.Nutr. 22, 327
- KEYS, A. 1950, "The biology of human starvation",
Univ. of Minnesota Press, Minneapolis
- KIELANOWSKI, J. 1963, in "Vergleichende Ernährungslehre des
Menschen und seiner Haustiere", 295, Fischer,
Stuttgart
- KNACK, V., NEUMANN, J. 1917, Dtsch. med.Wschr., II, 901
- KNOX, W.E., AUERBACH, V.H.,
LIN, E.C.C. 1956, Physiol.Revs. 36, 164
- KOBAK, M.W., BENDITT, E.,
WISSLER, R.W., STEFFEE, C.H. 1947, Swrg.Gyn.Obstet. 85, 751
- KOCHAKIAN, C.D., BARLETT,
M.N., MOE, J. 1948, Am.J.Physiol. 154, 489
- KOHMANN, E.A. 1920, J.Physiol. 51, 378
- KOSTERLITZ, H.W. 1947, J.Physiol. 106, 194
- KOYANAGI, T., ISHIGURO, K. 1966, Tohoku J.exp.med. 90, 245
- KÜHNNAU, J. 1946, Ärztl.Wschr. 161
- KUMTA, U.S., HARPER, A.E. 1960, J.Nutr. 70, 141
- KUMTA, U.S., ELIAS, L.G.,
HARPER, A.E. 1961, J.Nutr. 73, 229
- LANDIS, J., MONTAVON 1966, Mitt.Geb.Lebensmittelunters.Hyg.
57, 449
- LANG, K. 1937, Biochem.Z. 291, 174
- LANG, K. 1966, in Hock: "Vergleichende Ernährungslehre
des Menschen und seiner Haustiere", 839,
Fischer, Stuttgart
- LEWIS, E.E., ELVEHJEM, C.A.,
HART, F.B. 1951, J.Nutr. 43, 113

- LIPPMANN, A. 1917, Z.ärztl.Fortbildungswesen 14, 478
- LUCKEY, T.D., MENDE, T.J., 1954, J.Nutr. 54, 345
PLEASANTS, J.
- MACOMBER, D. 1933, New England J.Med. 209, 1105
- MADDEN, S.C., ANDERSON, F.W., 1945, J.Exptl.Med. 82, 77
DONOVAN, J.C., WHIPPLE, G.H.
- McCOLLUM, E.V., et al. 1930, in: "Stoffwechsel und Ernährung", 1950,
153
- McCOY, R.H. 1947, in: "The rat in laboratory investigation",
2nd Ed. Farris, E.J., Griffith, J.Q., Jr. (ed)
Lippencott, J.B. Co., Philadelphia
- McLAUGHLAN, J.M., ILLMAN, 1967, J.Nutr. 93, 21
W.I.
- MILLER, L.L. 1948, J.biol.Chem. 172, 113
- MILLER, S., FRAM, R., MAURER, 1950, J.Nutr. 40, 499
S., MEYER, E.Z., KAUCHER, M.,
MACY, I.G., PRATT, J.P., HAMIL,
B.M.
- MILLER, D.S., RUTTINGER, V., 1963, J.Theoret.Biol. 5
RUTLEDGE, M.M., PAYNE, P.R.
- MITCHELL, H.H. 1950, in: "Protein and amino acid requirements
of mammals", Albanese, A.A., New York
- MIYA Z AHI, M., HAYASAKA, 1962, Eiyo to Shokuryo (Jap.) 15, 67
S., SAKURAI, Y.
- MÖLLGAARD, H. 1966, in: "Vergleichende Ernährungslehre des
Menschen und seiner Haustiere", 294, Fischer,
Stuttgart
- MORRISON, M.A., HARPER, A.E. 1960, J.Nutr. 71, 296
- MUELLER, A.J., COX, W.M., Jr. 1946, J.Nutr. 31, 249
- MÜLLER, R., HÖTZEL, D. 1957, Arch.Tierern. 7, 233
- MUNKS, B., ROBINSON, A., 1945, Poultry Sci. 24, 1459
BEACH, E.F., WILLIAMS, H.H.

- NASSET, E.S. 1956, in: "Some Aspects of amino acid supplementation", 3, W.H. Cole, ed., New Brunswick N.J. Rutgers University Press
- NELSON, M.N., EVANS, H.M. 1947, Arch.Biochem. 12, 213
- NELSON, M.N., EVANS, H.M. 1961, in: Milk, "The mammary gland and its secretion", Kon, S.K., Cowie, A.T. (ed.), Vol. II, Academic Press, New York, 137
- NÖCKER, J., SCHULZ, H. 1966, in: "Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere", 834, Fischer, Stuttgart
- NRC 1959, Publication 711, 22, Washington, D.C.
- NRC 1962, Publication 990, 54, Washington, D.C.
- NRC 1963, Publication 1100, 18, Washington, D.C.
- OSBORNE, T.B., MENDEL, L.B. 1921, Proc.Acad.natur.Sci.Philad. 7, 450
- OSBORNE, T.B., MENDEL, L.B. 1927, J.Biol.Chem. 71, 317
- PINTA, M. 1966, Nature 212, 707
- RAMA RAO, P.B., METTA, V.C., JOHNSON, B.C. 1959, J.Nutr. 69, 387
- RAMA RAO, P.B., METTA, V.C., JOHNSON, B.C. 1960, J.Nutr. 71, 327
- RAMA RAO, P.B., NORTON, H.W., JOHNSON, B.C. 1961, J.Nutr. 73, 38
- RANHORTA, G.S., JOHNSON, B.C. 1965, Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 118, 1197
- READER, V.B., DRUMMOND, J.C. 1925, J.Physiol. 59, 472
- RERAT, A., HENRY, V. 1965, Ann.Biol.Anim.Biochim.Biophys. 5, 469
- RICHARDSON, L.R., GODWIN, J., WILKES, S., CANNON, M. 1964, J.Nutr. 82, 257
- ROGERS, Q.R., HARPER, A.E. 1964, Fed.Proc. 23, 186

- ROSE, W.C. 1937, Science 86, 298
- ROSE, W.C., OESTERLING, M.J., WOMACK, M. 1948, J.Biol.Chem. 176, 753
- RUFEGGER, H. 1964, "Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des Körper-N bei Ratten", Mitt. Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere
- RUSSELL, F.C. 1948, in "Rats and other laboratory animals", Commonwealth Bu. of An. Nutr. Tech. Comm.
- SARCKAR, B.C.R., LUECKE, R.W., DUNCEN, C.W., ELEY, R.E. 1949, J.Dairy Sci. 32, 671
- SCHARRER, E. 1965, Med.vet.Diss. München
- SCHARRER, E., ZUCKER, H. 1967, Z.Tierphysiol.Tierern.Futtermittelkde. 23, 169
- SCHILLING, E. 1964, Zbl.Veterinärmed. 11, 315
- SCHILLING, E., RÖSTEL, W. 1964, Berl.Münch.tierärztl.Wschr. 77, 155
- SCHITTENHELM, A., SCHLECHT, H. 1919, Z.exper.Med. 9, 1
- SCHULTZE, M.O. 1957, J.Nutr. 61, 585
- SEBR.ELL, W.H., Jr., McDANIEL, E.G. 1952, J.Nutr. 47, 477
- SIDRANSKY, H., FARBER, E. 1958, Arch.Pathol. 66, 119, 135
- SIEDLER, P., RICE, M.S., MALONEY, P.A., LUSHBOUGH, C.H., SCHWEIGERT, B.S. 1962, J.Nutr. 77, 149
- SLONAKER, J.R. 1931, Amer.J.Physiol. 96, 547
- SMITH, E.B., JOHNSON, B.C. 1967, Br.J.Nutr. 21, 17
- STOEWSAND, G.S., SCOTT, M.L. 1964, J.Nutr. 82, 188
- SYDENSTRICKER, V.P., HALL, W.K., BOWLES, L.L., SCHMIDT, H.L., Jr. 1947, J.Nutr. 34, 481
- WAINIO, W.W. 1953, J.Nutr. 49, 465

- WANG, C.C., HAWKS, J.E., 1930, J.Nutr. 3, 79
HUDDLESTON, B., WOOD, A.A.,
SMITH, E.A.
- WEIHE, W.H. 1965, Z.Versuchstierk. 7, 1
- WIESNER, E. 1967, "Ernährungsschäden der landwirtschaft-
lichen Nutztiere", 288, VEB Fischer, Jena
- WILK, W. 1965, Z.Versuchstierk. 7, 152
- WILLIAMS, H.H., CURTIN, L.V., 1954, J.Biol.Chem. 208, 277
ABRAHAM, J., LOOSLI, J.K.,
MAYNARD, L.A.
- WITT, M. 1956, Dtsch.tierärztl.Wschr. 63, 68
- WOMACK, M., ROSE, W.C. 1947, J.Biol.Chem. 171, 37
- YOUNG, V.R., ZAMORA, J. 1968, J.Nutr. 96, 21



Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Dr. Kraft Drepper, Direktor des Instituts für Veterinär-Biochemie der Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin, für die Überlassung des Themas, der benötigten Einrichtungen und Materialien sowie für seine tatkräftige Unterstützung der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Herrn Dr. Hubert Weik aus dem gleichen Institut möchte ich für sein in jeder Beziehung großes Entgegenkommen und die Gewährung eingehender Diskussionen danken.

Lebenslauf

Am 16.11.1936 wurde ich als Sohn des Landwirts Jan Udes und seiner Ehefrau Fokkiena Afiena, geb. Slim, in Borger (Holland) geboren. Von 1942 bis 1948 besuchte ich die Volksschule und von 1948 bis 1955 mit Erfolg die Mittel- und Oberschule in Steenwyk (Holland). Von 1955 bis 1959 studierte ich Landwirtschaft an dem State Agriculture College in Groningen (Holland) und schloß dieses Studium im April 1959 mit dem "Diploma" ab. Im Oktober 1959 bekam ich die Zulassung für deutsche Hochschulen und fing im gleichen Monat das Studium der Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin an. Das Vorphysikum legte ich im September 1961 ab. Am 4.3. 1962 wurde ich durch den SSD in Ostberlin festgenommen und am 11.10.1962 wegen angeblichen Verbrechens der Fluchthilfe zu sechs-einhalb Jahren Zuchthaus verurteilt. Am 25.8.1964 wurde ich durch die Bundesrepublik Deutschland freigekauft und nahm einen Monat später mein Studium an der Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin wieder auf. Im Oktober 1965 bestand ich die tierärztliche Vorprüfung. Seit Oktober 1966 war ich als wissenschaftlicher Hilfs-assistent am Institut für Veterinär-Biochemie der Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin beschäftigt. Am 28. August 1968 bestand ich die tierärztliche Hauptprüfung. Meine Approbation als Tierarzt erhielt ich am 9.12.1968. Die Arbeiten zu vorliegender Dissertation wurden im Institut für Veterinär-Biochemie im Mai 1966 begonnen und im November 1968 beendet. Seit dem 16.9.1968 bin ich mit der Wahrnehmung der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten am Institut für Veterinär-Biochemie der Tierärztlichen Fakultät der Freien Universität Berlin beauftragt.

